

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :

2 830 606

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national :

01 12859

(51) Int Cl⁷ : F 23 N 5/00, F 23 N 1/02, F 23 D 14/32, 14/60, 14/66,
F 23 C 7/00, F 23 L 15/00, F 27 D 19/00

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 05.10.01.

(30) Priorité :

(43) Date de mise à la disposition du public de la
demande : 11.04.03 Bulletin 03/15.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

(60) Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

(71) Demandeur(s) : L'AIR LIQUIDE SOCIÉTÉ ANONYME
POUR L'ÉTUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCÉ-
DES GEORGES CLAUDE — FR.

(72) Inventeur(s) : DUGUE JACQUES, LEGIRET
THIERRY, TSIABA REMI, ARNOUX STEPHANE et
SAMANIEGO JEAN MICHEL.

(73) Titulaire(s) :

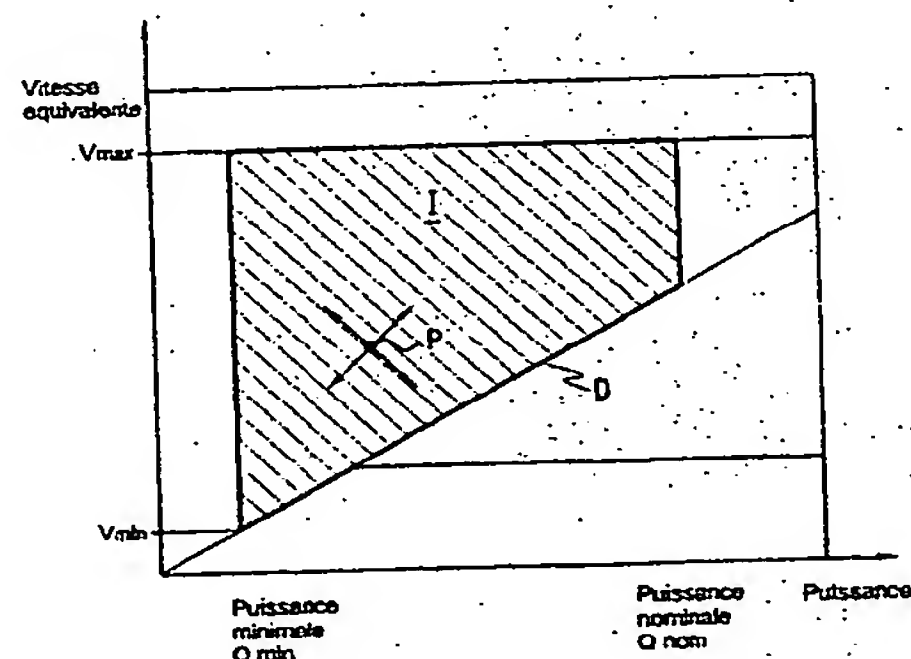
(74) Mandataire(s) :

(54) BRULEUR ADAPTABLE A DIFFÉRENTES PUISSANCES DE FONCTIONNEMENT.

(57) L'invention concerne un procédé de combustion, à
l'aide d'un brûleur, mettant en oeuvre l'injection, à l'aide
d'un injecteur d'oxydant, d'au moins un fluide oxydant, et
l'injection, à l'aide d'un injecteur de combustible, d'au moins
un fluide combustible, et dans lequel on fait varier la puis-
sance et/ou la vitesse équivalente du brûleur de manière in-
dépendante l'une de l'autre.

On peut par exemple faire varier la vitesse équivalente
d'un fluide, par variation de sa masse volumique ou par va-
riation de son débit global (tout en maintenant la même
quantité ou la même débit massique d'oxygène et/ ou de
combustible injecté).

L'invention s'applique notamment aux différentes pha-
ses d'un cycle d'un procédé de fusion ou de réchauffage.



FR 2 830 606 - A1



Domaine technique et art antérieur

L'invention concerne un procédé de fonctionnement d'un brûleur, ou un procédé de combustion, à différentes puissances de fonctionnement.

5 L'invention concerne également un procédé d'adaptation ou de contrôle d'une flamme d'un brûleur, ainsi qu'un brûleur à flamme adaptable, à différentes puissances de fonctionnement ou lors de différentes phases d'un cycle d'un procédé de fusion ou de réchauffage.

10 Le cycle de fusion dans des fours de fusion ou des fours de réchauffage peut être décrit comme la succession des phases d'enfournement, de chauffage, de fusion, de maintien et d'extraction.

Dans les procédés non continus de fusion ou 'batch', les matières premières, une fois enfournées, absorbent une partie de l'énergie libérée par la combustion de combustibles et d'oxydants au travers de brûleurs.

15 La puissance dont a besoin cette charge dépend de l'état dans lequel elle se trouve et de l'étape du cycle de fusion où elle est arrivée.

Pour satisfaire aux demandes énergétiques relatives aux différentes phases du cycle, on fait donc varier cette puissance des brûleurs.

Cette puissance est élevée dans la phase de fusion, plus faible pendant la phase de maintien, minimale voire nulle pendant l'extraction.

20 Ces variations de puissance sont associées à des variations de débit et de vitesse des fluides du brûleur qui, à leur tour, modifient les caractéristiques des flammes.

25 Cependant le type de flamme obtenu suite à une variation de puissance est non contrôlé, puisque les caractéristiques des brûleurs sont définies pour leur puissance nominale.

Ainsi, en phase de maintien, les flammes sont généralement molles et vacillantes, et se redressent dans le plan vertical sous l'influence de la force de flottabilité.

30 Ceci a diverses conséquences, et notamment un mauvais fonctionnement du brûleur pendant cette phase et/ou une dégradation de la voûte du four, vers laquelle sont orientées les flammes après s'être redressées.

Pour éviter ces flammes molles, les brûleurs sont généralement

conçus pour avoir des vitesses de fluides élevées à leur puissance nominale, générant de ce fait, pendant la phase de fusion, des flammes à forte impulsion (ou quantité de mouvement) pas toujours optimisées pour l'étape du cycle.

- 5 En effet, dans les procédés à haute température, l'expérience montre que la flamme adéquate pour la phase de fusion doit être rayonnante et non impulsive.

De plus, pour des matières premières introduites sous forme de poudre, une flamme impulsive cause l'envol de poussières.

- 10 Les caractéristiques d'une flamme pouvant être défavorables lorsque la vitesse d'injection des fluides est trop grande ou trop faible, les brûleurs classiquement utilisés sont limités à un domaine de puissance compris entre la puissance nominale et environ $\frac{1}{4}$ de cette puissance nominale.

- 15 On connaît un brûleur, développé par Gaz de France, qui est équipé de deux circuits d'injection de gaz naturel et qui permet de faire varier la longueur d'une flamme de gaz naturel.

- 20 D'autres brûleurs intègrent le concept de réglage de flamme par répartition des débits d'oxydant et/ou de combustible à travers plusieurs circuits d'injection. De tels brûleurs sont par exemple décrits dans les documents US - 5 439 373, 5 554 022, 5 302 112, 5 431 559 et 4 439 137.

Cependant, aucun de ces brûleurs ne permet de contrôler des flammes sur de larges plages de puissance, atteignant par exemple un rapport de 1 à 10.

- 25 Enfin, aucun ne propose de solution pour maintenir la quantité de mouvement (ou l'impulsion) de la flamme à puissance réduite, ou pour réduire ou maintenir cette quantité de mouvement lorsque la puissance croît.

Les mêmes types de problèmes se posent pour les fours à fonctionnement continu.

- 30 Il se pose donc le problème de trouver un nouveau procédé et un nouveau dispositif permettant d'optimiser les caractéristiques de flammes utilisées sur de grandes plages de puissance, les critères de performance pouvant inclure le volume et la longueur de la flamme, et/ou sa stabilité, et/ou

sa luminosité, et/ou la capacité à éviter que la flamme se redresse sous l'influence de la force de flottabilité.

Il se pose également le problème de trouver un brûleur que l'on peut configurer, en cours de fonctionnement, de manière à produire une
5 flamme adaptée à un cycle d'un procédé de fusion ou de réchauffage.

Un autre problème est celui de la luminosité de la flamme.

Selon les techniques connues, une flamme de faible puissance, correspondant à une vitesse faible ou à un mélange lent est de volume important et lumineuse (couleur proche du jaune ou de l'orange), tandis
10 qu'une flamme de forte puissance, correspondant à une vitesse élevée ou à un mélange rapide est de faible volume et peu lumineuse (couleur proche du bleu).

Or il existe des cas où on souhaite obtenir à la fois une flamme lumineuse et de forte puissance.

15 Il se pose donc également le problème de trouver un brûleur qui puisse être configuré, en cours de fonctionnement, afin de générer une flamme adaptée aux différentes étapes du cycle de procédé, un même brûleur fournissant alors une flamme molle et radiante à forte puissance et une flamme dure et convective à faible puissance.

20

Exposé de l'invention

L'invention concerne d'abord un procédé de combustion, à l'aide d'un brûleur, ou un procédé de fonctionnement ou de régulation d'un brûleur, ou encore un procédé de contrôle d'une flamme d'un brûleur, mettant en
25 oeuvre au moins un fluide oxydant et au moins un fluide combustible, et dans lequel on fait varier la puissance et/ou la vitesse équivalente du brûleur, de manière indépendante l'une de l'autre.

On peut donc obtenir des caractéristiques de flamme souhaitées, en terme d'aspect (luminosité de la flamme), et/ou de comportement, tel que
30 le maintien horizontal de la flamme, et/ou en terme d'effet tel que l'obtention d'une température homogène, en contrôlant, dans une gamme de puissance de fonctionnement (par exemple dans au moins un intervalle de puissance, compris entre la puissance nominale du brûleur et une fraction de cette

puissance nominale, par exemple 10% de cette puissance nominale), la vitesse équivalente indépendamment de la puissance.

Le contrôle de la vitesse équivalente indépendamment de la puissance permet notamment de contrôler un brûleur et les caractéristiques de sa flamme dans un large intervalle de puissance.

Ceci permet également de maintenir la vitesse équivalente au-dessus d'une valeur minimale.

Ainsi, il est notamment possible de maintenir, à faible puissance, une vitesse équivalente supérieure ou égale à une valeur minimale comprise entre 20 et 40 m/s ou supérieure ou égale à 25 m/s ou à 30 m/s ou à 35 m/s.

Ceci permet de faire fonctionner le brûleur à basse ou très basse puissance, par exemple à un dixième de sa puissance nominale, tout en évitant le redressement de la flamme.

Selon un autre aspect, l'invention concerne également un procédé de combustion, à l'aide d'un brûleur, ou un procédé de fonctionnement ou de régulation d'un brûleur, ou encore un procédé de contrôle d'une flamme d'un brûleur, mettant en oeuvre au moins un fluide oxydant et au moins un fluide combustible, dans lequel on fait varier le débit massique et/ou la vitesse d'injection, d'au moins un oxydant ou d'au moins un combustible, de manière indépendante l'un de l'autre.

Selon cet autre aspect de l'invention, on rend donc le débit et la vitesse d'un des fluides (oxydant, combustible) indépendants l'un de l'autre, et ceci dans au moins un intervalle de puissance, compris par exemple entre la puissance nominale du brûleur et une fraction de cette puissance nominale.

On peut donc faire varier la vitesse d'injection d'au moins un des fluides, indépendamment de son débit, ou le débit d'un des fluides, indépendamment de sa vitesse d'injection, notamment pour faire varier la vitesse équivalente du brûleur.

On peut également faire varier la puissance en faisant par exemple varier le débit total d'au moins l'un des fluides, tandis que la vitesse du même fluide permet de faire varier ou de maintenir la vitesse équivalente ou permet encore de maintenir des caractéristiques de flamme données.

On peut ainsi élargir le domaine ou la gamme de puissance de fonctionnement du brûleur.

A puissance et débits faibles, on pourra accroître la vitesse d'un des fluides de manière à accroître la vitesse équivalente ou à la maintenir au-dessus d'une valeur minimale fixée.

A puissance et débits élevés, on pourra conserver une flamme lumineuse tout en évitant une vitesse trop importante.

L'invention permet donc de conserver des caractéristiques de flamme satisfaisantes pour une puissance comprise entre la puissance nominale et une fraction de cette puissance nominale, par exemple entre 1 et 1/10 de la puissance nominale, ou sur une certaine gamme de puissance, ou entre deux puissances déterminées dans le cadre d'une application donnée, cette gamme ou ces deux puissances pouvant être comprise(s) entre la puissance nominale et une fraction de cette puissance nominale, par exemple entre 1 et 1/10 de la puissance nominale.

Un même brûleur pourra alors fournir une flamme longue et radiante à forte puissance, et une flamme de longueur ajustable, non influencée par la flottabilité à faible puissance.

On met en oeuvre par exemple un brûleur comportant au moins un injecteur de combustible et au moins un injecteur d'oxydant.

Selon un mode de réalisation, un tel brûleur comporte des moyens pour faire varier la section de sortie de l'un des injecteurs, par exemple par déplacement d'une pièce mécanique telle qu'un pointeau.

Selon un autre mode de réalisation, le brûleur comporte des moyens pour répartir le débit du fluide à contrôler entre deux circuits d'injections caractérisés par des sections de surfaces différentes.

La répartition variable du débit entre deux circuits de sections identiques, permet également de contrôler la vitesse équivalente du brûleur.

Selon encore une variante, on alimente le brûleur avec deux oxydants caractérisés par des concentrations différentes en oxygène.

On peut également appliquer les principes ci-dessus à l'injection du combustible, afin d'augmenter le contrôle de la longueur de flamme.

Dans le cas où le contrôle de la vitesse d'injection n'est effectué que sur un seul fluide, on choisira de préférence de contrôler les vitesses d'injection de l'oxydant, car le débit massique d'oxydant est presque toujours sensiblement supérieur au débit de combustible.

- 5 L'invention permet notamment d'adapter l'aspect des flammes au mode de transfert thermique demandé lors d'un cycle de fonctionnement d'un four, en fonctionnement discontinu ou continu.

L'invention concerne également un dispositif pour la mise en oeuvre d'un procédé tel que ci-dessus.

- 10 L'invention concerne notamment un dispositif de combustion comportant au moins un injecteur d'oxydant et au moins un injecteur de combustible, et des moyens pour faire varier la puissance et/ou la vitesse équivalente du brûleur de manière indépendante l'une de l'autre.

- 15 Elle concerne également un dispositif de combustion, comportant au moins un injecteur d'oxydant et au moins un injecteur de combustible, et des moyens pour faire varier le débit massique et/ou la vitesse d'injection, d'au moins un oxydant ou d'au moins un combustible, de manière indépendante l'un de l'autre.

- 20 Elle concerne encore un dispositif de combustion comportant au moins un injecteur d'oxydant et au moins un injecteur de combustible et des moyens pour maintenir une vitesse équivalente du brûleur à une valeur supérieure ou égale à 25 m/s.

- 25 Elle concerne encore un dispositif de combustion, comportant au moins deux injecteurs d'oxydant et/ou au moins deux injecteurs de combustible, et des moyens pour faire varier la répartition d'oxydant entre les deux injecteurs d'oxydant et/ou la répartition de combustible entre les deux injecteurs de combustible.

- 30 Elle concerne également un brûleur comportant au moins un injecteur de combustible et au moins un injecteur d'oxydant, et des moyens pour modifier la section de sortie d'au moins un des injecteurs de combustible et d'oxydant.

On peut ainsi modifier la vitesse du fluide correspondant ou faire varier la vitesse équivalente du brûleur.

L'invention concerne encore un procédé mettant en oeuvre un dispositif tel que ci-dessus, ainsi qu'un four comportant un dispositif tel que ci-dessus.

5 Brève description des figures

Les caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront mieux à la lumière de la description qui va suivre. Cette description porte sur les exemples de réalisation, donnés à titre explicatif et non limitatif, en se référant à des dessins annexés sur lesquels:

- 10 - la figure 1 illustre un procédé de fonctionnement selon l'invention,
 - les figures 2 à 4 représentent des résultats de modélisation du comportement d'une flamme,
 - la figure 5 représente une image obtenue après traitement d'images prises dans un four,
15 - les figures 6 et 7 représentent deux modes de réalisation de l'invention, respectivement avec variation de la température d'un des fluides et avec mélange de deux oxydants,
 - les figures 8 et 9 représentent deux modes de réalisation d'un injecteur selon l'invention, avec variation de la section de sortie par
20 déplacement d'un corps interne,
 - les figures 10 à 14 représentent différentes autres configurations possibles d'un brûleur selon l'invention.

Description détaillée de modes de réalisations de l'invention

25 La figure 1 illustre un premier aspect de l'invention.

Un brûleur comporte au moins un injecteur d'oxydant, pour injecter au moins un oxydant, et au moins un injecteur de combustible pour injecter au moins un combustible.

30 On définit la vitesse équivalente du brûleur par la formule suivante:

$$Vitesse\ equivalente = \frac{1}{\dot{m}_{tot}} \times \sum_i \frac{\dot{m}_i^2}{\rho_i S_i}$$

Le terme \dot{m}_{tot} représente la somme des débits massiques \dot{m}_i introduits par le brûleur.

5 Les termes ρ_i et S_i représentent respectivement la masse volumique et la section de passage à la sortie du brûleur de chacun des fluides i introduits par le brûleur.

Ces fluides comportent les jets de combustibles et d'oxydant. La vitesse équivalente représente donc la moyenne des vitesses des jets issus du brûleur, pondérées par les débits massiques.

10 Selon l'invention, la vitesse équivalente du brûleur peut varier dans un domaine I , par exemple situé au-dessus d'une droite D liant de manière linéaire la vitesse et la puissance.

Cette droite D traduit le comportement classique d'un brûleur, dont la vitesse équivalente croît linéairement avec la puissance. Au contraire, selon la présente invention, on peut faire varier la vitesse équivalente dans tout le domaine I .

Il est ainsi possible de maintenir une certaine vitesse équivalente fixée tout en réduisant ou en augmentant la puissance.

20 Il est également possible, en partant d'un point donné du domaine I , de faire varier simultanément la vitesse équivalente et la puissance de la flamme, et ceci en général dans les deux sens pour chaque variable.

Par exemple, en partant du point P , on peut à la fois augmenter la puissance tout en augmentant ou en réduisant la vitesse équivalente V_e , ou réduire la puissance tout en augmentant ou en réduisant cette vitesse V_e .

Il est en particulier intéressant, lors d'une réduction de la puissance, d'augmenter la vitesse équivalente afin de maintenir un bon brassage des gaz dans la flamme, ce qui permet d'atteindre une température homogène dans l'axe de la flamme.

30 Il est ainsi possible, non seulement de choisir un domaine ou une gamme de puissance de fonctionnement, mais aussi de choisir ou d'imposer des caractéristiques de flamme que l'on ne rencontre pas, pour ce domaine

ou cette gamme, avec un brûleur classique, et notamment avec un brûleur pour lequel la puissance et la vitesse équivalente sont proportionnelles.

Par exemple, on peut imposer une puissance élevée (P_{nom} sur la figure 1) tout en ayant une flamme longue et lumineuse, résultant d'une
5 vitesse faible d'un des fluides.

A faible puissance, au contraire, on cherchera à maintenir une flamme horizontale, et la vitesse de l'un des fluides pourra être ajustée pour maintenir la vitesse équivalente supérieure à un seuil compris entre 25 m/s et 40 m/s.

10 Sur toute la gamme de puissance, par exemple entre la puissance nominale et $1/10^{\text{ème}}$ de cette puissance nominale, la vitesse équivalente évoluera donc, entre, par exemple, 35m/s et environ 350 m/s, de préférence entre 35 et 140 m/s.

On peut également, à faible puissance, chercher à maintenir la
15 vitesse équivalente à une valeur encore plus élevée, afin d'assurer un brassage suffisant des gaz, comme expliqué ci-dessus.

Les figures 2 et 3 illustrent le problème du redressement de la flamme dans le plan vertical lorsque la puissance et la vitesse sont fortement réduites par rapport à leurs conditions nominales.

20 Le cas de la figure 2 correspond à une puissance du brûleur de 2 MW et à une vitesse équivalente de 60 m/s, tandis que la figure 3 correspond au cas d'un brûleur de puissance 10 fois plus faible, égale à 0,2 MW, et de vitesse équivalente égale à 6m/s : la flamme se redresse.

La figure 4 représente le cas d'une flamme de faible puissance (0,2
25 MW), mais de vitesse équivalente égale à 60 m/s : la flamme est alors maintenue horizontale, et ne se redresse pas dans le plan vertical.

Les figures 2 à 4 représentent des résultats issus d'une modélisation.

La figure 5 résulte du traitement d'images prises par une caméra
30 dans un four. Elle représente l'enveloppe d'une flamme.

Pour cette figure, la vitesse équivalente est de 20 m/s, pour une puissance du brûleur égale à environ 13% de sa puissance nominale.

Il apparaît que la flamme visualisée sur la figure 5 se redresse selon la direction verticale. Elle est au contraire bien horizontale à puissance nominale, pour une vitesse équivalente entre 75 et 200 m/s.

Un procédé selon l'invention, et un brûleur fonctionnant selon ce procédé, permettent de maintenir une vitesse équivalente du brûleur supérieure ou égale à 25 m/s ou 30 m/s, et permettent donc d'atteindre un fonctionnement à basse ou très basse puissance, par exemple jusqu'à $1/10^{\text{ème}}$ de la puissance nominale, tout en évitant le redressement de la flamme.

Pour des raisons de commodité pratique, une vitesse équivalente maximum peut être fixée à, par exemple, la vitesse sonique (environ 350 m/s), ou, encore à titre d'exemple, à 140 m/s.

Selon un mode de réalisation de l'invention, un moyen pour faire varier la vitesse effective indépendamment de la puissance consiste à faire varier la masse volumique d'au moins un des fluides injectés, par exemple par variation de la température de ce fluide. La formule de la vitesse équivalente donnée ci-dessus montre que masse volumique et vitesse effective varient de manière inversement proportionnelle.

Un dispositif pour mettre en oeuvre ce procédé est représenté schématiquement sur la figure 6, sur laquelle les références 3 et 5 désignent respectivement un injecteur d'oxydant et un injecteur de combustible, tandis que des moyens 6 sont disposés sur le trajet d'un de ces fluides (l'oxydant sur la figure 6) pour faire varier sa température. Ces moyens 6 comportent par exemple l'utilisation d'un réchauffeur alimenté par une source d'énergie électrique ou fossile (chauffage de l'oxydant obtenu par contact avec par exemple des produits de combustion d'un combustible gazeux ou liquide spécialement utilisé pour ce but). L'oxydant peut également être chauffé par un échangeur de chaleur qui extrait de l'énergie des produits de combustions du four industriel dans lequel est appliqué la présente invention. L'échange de chaleur peut s'effectuer dans des échangeur tubulaires de type récupérateurs à écoulement co- ou contre-courant entre les produits de combustion chauds et le gaz à chauffer (oxydant et/ou combustible). L'échange de chaleur peut également s'effectuer par des régénérateurs où

les produits de combustion chauds chauffent des éléments métalliques ou céramiques. Après accumulation de chaleur, le cycle de chauffage est inversé et la chaleur stockée est restituée au fluide à chauffer (oxydant et/ou combustible). Les échangeurs régénératifs sont souvent utilisés en associant
5 au moins deux systèmes de façon à assurer un chauffage continu.

Une variation de température d'un des fluides implique une variation de la masse volumique de ce fluide, qui résulte à son tour en une variation de la vitesse effective, sans affecter la puissance du brûleur: par exemple, à débits d'oxydant et de combustible constants, la puissance du
10 brûleur reste constante.

Il est également possible de faire varier la puissance du brûleur par une variation de débit de l'oxydant et/ou du combustible (le plus souvent, on fait varier la puissance en associant une variation de débit de l'oxydant et du combustible), et de compenser ces variations, dans la formule de la vitesse
15 équivalente, par une ou des variation(s) correspondante(s) de la masse volumique de l'oxydant et/ou du combustible: on fait alors varier la puissance tout en maintenant la vitesse équivalente constante.

Enfin, il est possible de combiner ces deux types de variation pour faire varier à la fois la vitesse équivalente et la puissance, mais de manière
20 indépendante l'une de l'autre.

Selon un autre mode de réalisation, on peut faire varier la vitesse effective indépendamment de la puissance par variation du débit global d'un des fluides injectés, par exemple le débit global d'au moins un des oxydants, tout en conservant la même quantité d'oxygène injecté.

25 Par exemple, il est possible d'utiliser un mélange d'un premier oxydant, caractérisé par une première concentration en oxygène C1 et d'un second oxydant, caractérisé par une seconde concentration en oxygène C2, différente de C1. Les autres constituants de l'un ou l'autre de ces oxydants peuvent être des gaz inertes (azote, et/ou CO2, et/ou vapeur d'eau, et/ ou
30 argon, ...etc). Ainsi, le premier oxydant peut être de l'oxygène pur et le second oxydant de l'air. On peut alors faire varier le débit total (oxydant 1 + oxydant 2) tout en maintenant constant le débit massique total d'oxygène, ce

qui maintient constante la puissance. Ce débit massique total d'oxygène est donné par la formule suivante :

(Débit massique d'oxydant 1) x (concentration en oxygène dans l'oxydant 1)
+ (Débit massique d'oxydant 2) x (concentration en oxygène dans
5 l'oxydant 2).

Un dispositif pour mettre en oeuvre ce procédé est représenté schématiquement sur la figure 7, sur laquelle les références 3 et 5 désignent respectivement un injecteur d'oxydant et un injecteur de combustible, tandis que les références 7 et 8 désignent respectivement une source d'un premier
10 fluide oxydant (par exemple: l'oxygène) et d'un deuxième fluide oxydant (par exemple : l'air) auquel ce premier fluide oxydant peut être mélangé pour dilution. Une vanne 9 permet de réguler la proportion de deuxième gaz oxydant accompagnant le premier oxydant dans le mélange oxydant final injecté dans le brûleur. On peut ainsi faire varier le débit total d'oxydant, le
15 débit d'oxygène étant, lui, constant, ce qui permet de maintenir une puissance constante du brûleur.

Il est également possible de faire varier la puissance du brûleur par une variation de débit de l'oxygène, par exemple par variation en sens inverse du débit des deux oxydants (dont les deux concentrations en
20 oxygène sont différentes), variations qui se compensent dans la formule de la vitesse équivalente : on fait alors varier la puissance tout en maintenant la vitesse équivalente constante. Par exemple, on réduit la quantité d'oxygène injecté, et on accroît la quantité d'air mélangé à l'oxygène.

25 Selon un autre aspect de l'invention, on fait varier, de manière indépendante, le débit et la vitesse d'injection d'au moins un fluide du brûleur. Dans un brûleur classique, chaque injecteur a une section S qui lie le débit D de fluide injecté par cet injecteur et la vitesse V d'injection de ce même fluide:
$$D = S \times V$$

30 Dans cette relation classique, les variations de débit et de vitesse sont proportionnelles.

Selon l'invention, on impose à un fluide donné une variation de S afin de rendre les valeurs de D et V indépendantes l'une de l'autre.

Pratiquement, la variation de S imposée à un fluide sera par exemple obtenue, soit par variation de la section d'un injecteur unique de ce fluide, soit par variation de la répartition d'un fluide entre au moins deux injecteurs.

5 Selon l'invention, un opérateur peut donc déterminer une puissance à fournir pour un procédé donné, ou pour une phase donnée d'un procédé, en déduire un débit total d'oxydant et/ou de combustible à injecter, et ensuite, à l'aide d'une variation appropriée de S , décider d'une variation de vitesse équivalente (à l'aide d'une variation appropriée de la vitesse
10 indépendamment de la variation du débit), conformément à ce qui a été indiqué ci-dessus selon la relation (1), afin d'imposer une flamme de caractéristiques données.

Il en résulte des possibilités d'adaptation du fonctionnement du brûleur et de la flamme inconnues avec l'art antérieur, et ceci sur une gamme
15 de puissance pouvant être étendue.

La Figure 8 montre un injecteur 12 dont la section de sortie peut être modifiée en faisant déplacer un corps interne 14 selon un axe coaxial avec l'axe de l'injecteur. La section de sortie est diminuée en déplaçant le corps interne vers le haut, de façon à diminuer la section de passage du
20 fluide. Il s'ensuit une accélération du fluide, pour un débit constant. La position du corps interne mobile peut être contrôlée par un système de vis (non représenté ici), ou tout autre système permettant un réglage et un maintien de la position du corps central.

La figure 9 représente une variante de ce mode de réalisation, dans laquelle l'injecteur 16 présente une partie intérieure conique, le corps interne 18 présentant une surface extérieure elle aussi conique. Le fonctionnement du dispositif est le même que celui de la figure 8.

L'un des deux injecteurs d'un brûleur, de préférence l'injecteur d'oxydant, peut avoir l'une des formes illustrées sur la figure 8 ou 9.
30 Selon un autre exemple de réalisation, illustré schématiquement sur la figure 10, un brûleur selon l'invention peut comporter un injecteur d'oxydant 20 et un injecteur de combustible 21, et des moyens 24 (par exemple un pointeau) pour faire varier la section de sortie et le débit d'au moins un des deux

injecteurs, la section étant calculée pour que, à faible puissance, la vitesse équivalente soit supérieure à la vitesse minimum fixée.

La variation de la section de sortie de l'un des injecteurs, à l'aide des moyens 24, permet de faire varier la vitesse du fluide correspondant, et
5 ceci même si le débit de ce fluide est maintenu constant.
Inversement, une variation de puissance (en général liée à une variation des débits) peut s'accompagner d'un maintien, ou d'une variation, dans un sens ou un autre, de la vitesse équivalente.

Différents autres types de brûleurs permettent de mettre en oeuvre
10 un procédé selon l'invention.

En particulier, il est possible d'utiliser deux circuits d'injection d'oxydant, ou deux injecteurs d'oxydant, caractérisés par des sections de surface différentes.

La répartition du débit entre les deux circuits d'injection, effectuée
15 par exemple à l'aide d'une vanne, permet ainsi de contrôler la vitesse équivalente du brûleur.

On pourra donc faire varier, notamment à débit constant d'oxydant, la répartition de celui-ci entre un injecteur de faible section, avec une certaine vitesse d'injection, et un injecteur de plus grande section, avec une vitesse
20 d'injection plus faible.

Il en résulte une variation de la vitesse équivalente, et ceci même si les débits d'oxydant et de combustible, donc la puissance, sont maintenus constants.

Le rapport R entre le débit du circuit « grande section » et le débit
25 total du fluide à contrôler est alors un paramètre dont les variations accompagnent ou traduisent les variations de la vitesse équivalente, et donc certaines propriétés de la flamme.

Selon un exemple, le rapport R est proche de zéro à la puissance minimale du brûleur. Il peut atteindre ou être proche de 100% pour d'autres
30 puissances de fonctionnement.

Le schéma de la Figure 11 montre une configuration avec un injecteur 30 de combustible placé au centre d'un injecteur 32 d'oxydant de

faible section (oxydant primaire), et un injecteur 34 d'oxydant secondaire caractérisé par une plus grande section.

Les injecteurs primaire 32 et secondaire 34 sont reliés à la même alimentation (non représentée sur la figure). La répartition d'un débit global d'oxydant donné est contrôlée par des moyens 36, tels qu'une vanne.

A la puissance nominale, de 80% à 100% de l'oxydant total est injecté par le circuit secondaire 34, de façon à développer une flamme longue et lumineuse.

A puissance réduite, de 80 à 100% de l'oxydant total peut être injecté par le circuit primaire 32, dont la section est calculée de façon à obtenir une vitesse équivalente au minimum égale à, par exemple, 25 m/s ou 30 m/s ou 35 m/s.

Ce calcul de la section de l'injecteur 32 est réalisé en supposant que la totalité du fluide passe par le circuit primaire. Il met en oeuvre les relations connues de la mécanique des fluides, qui lient la section de l'injecteur et la vitesse du fluide.

Selon un autre mode de réalisation le brûleur comporte deux circuits d'injection d'oxydant, ou deux injecteurs d'oxydant, caractérisés par des sections de surface égale.

Là encore, la répartition du débit entre les deux circuits, à l'aide d'une vanne, permet de contrôler la vitesse équivalente du brûleur, mais dans une mesure moindre que dans le cas précédent.

On passera d'un état pour lequel tout l'oxydant est introduit dans un seul des deux injecteurs, avec une vitesse élevée d'injection de l'oxydant dans le brûleur, à un état dans lequel l'oxydant est réparti entre les deux injecteurs, avec une vitesse plus faible d'injection de l'oxydant dans le brûleur.

Un autre exemple de réalisation est proposé en Figure 12, avec un brûleur équipé d'une lance à double injection.

Cette lance comporte un injecteur 40 de combustible et un premier injecteur 42 d'oxydant à faible section, tous deux coaxiaux, ainsi qu'un double injecteur d'oxydant, comportant un second injecteur 44 à faible section et un injecteur à grande section 46.

Le débit d'oxydant est par exemple réparti à l'aide d'une vanne 48 entre l'injecteur 46 de grande section de la lance, et les deux autres injecteurs 42, 44.

5 Entre ces deux derniers, la répartition est assurée, par exemple encore, à l'aide d'une vanne 50.

Les deux injecteurs 42, 44 présentent une section totale plus faible que la section de l'injecteur 46.

10 Comme dans l'exemple précédent, à la puissance nominale, 80% à 100% de l'oxydant total est injecté dans l'injecteur 46, de façon à développer une flamme longue et lumineuse.

A puissance réduite, 80 à 100% de l'oxydant total peut être injecté par l'autre circuit 42, 44 dont la section est calculée de façon à obtenir une vitesse équivalente supérieure à une valeur minimale, comprise entre par exemple 25 m/s et 35 m/s.

15 Le calcul de la section est réalisé de la même manière que dans le cas précédent.

Pour un débit global d'oxydant donné, ce fluide peut donc être réparti différemment entre les différents injecteurs, ce qui permet une variation de sa vitesse d'injection, donc de la vitesse équivalente.

20 Par rapport au mode de réalisation exposé en liaison avec la figure 11, l'utilisation d'une lance à double injection permet, pour les utilisations à faible puissance, de ne pas concentrer la totalité de l'oxydant à proximité du combustible, et permet donc de produire une flamme plus longue, de température maximale plus basse, et moins génératrice d'oxydes d'azotes.

25 Un autre exemple de réalisation est présenté en Figure 13, avec un brûleur caractérisé par trois tubes 50, 52, 54 coaxiaux ou juxtaposés.

Un des injecteurs (par exemple l'injecteur 50) est utilisé pour le combustible, les deux autres (52, 54), caractérisés l'un par une grande section et l'autre par une faible section, sont utilisés pour l'oxydant.

30 Là encore, la répartition de l'oxydant entre les deux injecteurs correspondants peut être effectuée à l'aide d'une vanne 56.

L'intérêt de cette configuration est d'être compacte et simple à installer sur un four industriel. Elle offre en outre des performances adaptées à de nombreux cas.

Un autre exemple de réalisation est présenté en Figure 14, avec un brûleur alimenté par deux oxydants caractérisés par des concentrations différentes en oxygène.

Ce brûleur comporte un injecteur 60 de combustible, coaxial avec un premier injecteur 62 d'un premier oxydant, de faible section.

Il comporte également deux autres injecteurs d'oxydants. L'un (64) est de grande section et permet d'injecter un deuxième oxydant. L'autre (66), qui lui est coaxial, est de section plus faible et permet d'injecter une partie du premier oxydant.

Une vanne 68 permet de répartir le débit du premier oxydant entre les deux injecteurs 62, 66 de faible section.

L'oxydant moins riche en oxygène est injecté de préférence à travers l'injecteur 64 de grande section, et est utilisé pour toutes les phases où il apporte une vitesse de chauffage et un rendement thermique suffisants.

Ce peut être par exemple lorsque le produit traité dans le four est encore à basse température, ou lorsque la température désirée du produit a été atteinte et n'a plus besoin que d'être maintenue.

L'augmentation de la vitesse de chauffage et du rendement thermique sont obtenus en augmentant le rapport (oxydant riche en O₂/oxydant pauvre en O₂).

Une variation de ce rapport entraîne également une variation de la vitesse équivalente.

En particulier, l'utilisation d'un oxydant de plus faible concentration en oxygène permet d'augmenter le débit massique à travers le brûleur et donc la vitesse équivalente. Il en résulte une amélioration de l'uniformité du mélange des gaz dans le four et une répartition spatiale de température plus uniforme.

L'avantage de cette variante est de diminuer la consommation d'un oxydant riche en oxygène en le remplaçant en partie par un oxydant moins riche en oxygène et généralement moins cher.

Tous les principes et modes de réalisation décrits ci-dessus peuvent être appliqués également, ou de manière alternative, au combustible.

5 Cependant, si la vitesse d'injection d'un seul fluide est contrôlée, alors ce sera de préférence l'oxydant, dont le débit massique est presque toujours sensiblement supérieur au débit de combustible, et dont la pondération est donc la plus importante dans la formule (1) ci-dessus.

10 L'invention peut s'appliquer aux procédés de fusion non continus, ou fonctionnant en « batch ».

Elle s'applique également aux fours fonctionnant en continu, par exemple aux fours de réchauffage continu, notamment de produits sidérurgiques.

15 Dans ces fours sidérurgiques, brames, billettes et bloom sont répartis en zones de récupération, de préchauffe, de chauffe et de maintien.

Dans les fours à longerons réfractaires, les produits sont orientés perpendiculairement à l'axe du four et reposent sur des longerons fixes. Ils avancent grâce à des longerons mobiles qui les soulèvent et les posent sur les longerons fixes suivants.

20 Dans les zones de préchauffe et de chauffe, les brûleurs sont généralement situés sur les parois latérales du four, alors qu'en zone de maintien on utilise plutôt des brûleurs en voûte.

25 Les produits d'une même fournée peuvent être de longueurs différentes et des flammes adaptées pour chauffer les produits longs engendrent de mauvais profils de température sur les produits courts, par exemple par une surchauffe des extrémités des produits.

Actuellement, les brûleurs connus ne peuvent générer que des flammes qui sont soit rayonnantes, soit convectives.

Dans le premier cas, la flamme est dure, d'impulsion élevée.

30 Dans le second cas, la flamme est molle, d'impulsion faible.

Dans les deux cas, l'aspect de la flamme est unique.

L'invention apporte une solution à ces problèmes en proposant un procédé de fonctionnement d'un brûleur, exposé ci-dessus, notamment en

liaison avec les figures 1 à 14, permettant une adaptation de la flamme aux différents cycles du four, ainsi qu'un brûleur adaptable à ces différents cycles.

Les domaines d'application de l'invention peuvent donc être par exemple les suivants:

- 5 ▪ Fours de fusion de verre (lors de changement de tirée ou de couleur) et fours d'émaux
- Fours de réchauffage,
- Fours de fusion de métaux ferreux ou non-ferreux,
- Fours de recuits.

10

REVENDICATIONS

1. Procédé de combustion, à l'aide d'un brûleur, mettant en oeuvre au moins un fluide oxydant et au moins un fluide combustible, dans lequel on fait varier la puissance et/ou la vitesse équivalente du brûleur de manière indépendante l'une de l'autre.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on fait varier la masse volumique d'au moins un des fluides afin de faire varier sa vitesse équivalente.

3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel une variation de masse volumique de l'un des fluides est obtenue par variation de température de ce fluide.

4. Procédé selon l'une des revendications 2 ou 3, dans lequel on fait en outre varier la puissance du brûleur par une variation de débit de l'oxydant et/ou du combustible.

5. Procédé selon la revendication 1, dans lequel une variation de la vitesse équivalente est obtenue par variation du débit global d'un des fluides, tout en maintenant la même quantité ou le même débit massique d'oxygène et/ou de combustible injecté.

6. Procédé selon la revendication 5, dans lequel on utilise un premier et un deuxième oxydants, ayant respectivement une première et une deuxième concentration en oxygène, une variation de la vitesse équivalente étant obtenue par variation de la vitesse ou du débit de l'un et/ou de l'autre des oxydants.

7. Procédé selon la revendication 6, dans lequel le débit total d'oxygène est en outre maintenu constant.

8. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on fait varier la puissance du brûleur par variation de débit de l'oxydant et/ou du combustible, la vitesse équivalente étant maintenue constante par variation de la masse volumique d'au moins un des fluides.

5

9. Procédé selon la revendication 8, dans lequel une variation de masse volumique de l'un des fluides est obtenue par variation de température de ce fluide.

10

10. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on utilise un premier et un deuxième oxydants, ayant respectivement une première et une deuxième concentration en oxygène, dans lequel on fait varier la puissance du brûleur par variation de débit de l'un des oxydants, la vitesse équivalente étant maintenue constante par variation, en sens inverse, du débit de l'autre oxydant.

15

11. Procédé de fonctionnement d'un brûleur, mettant en oeuvre au moins un fluide oxydant et au moins un fluide combustible, dans lequel on fait varier le débit massique et/ou la vitesse d'injection, d'au moins un oxydant ou d'au moins un combustible, de manière indépendante l'un de l'autre.

20

12. Procédé selon l'une des revendications 1 à 11, dans lequel on effectue ladite ou lesdites variation(s) dans au moins un intervalle de puissance compris entre la puissance nominale du brûleur et une fraction de cette puissance nominale.

25

13. Procédé selon la revendication 12, dans lequel l'intervalle de puissance s'étend de la puissance nominale du brûleur à une fraction de cette puissance nominale.

30

14. Procédé selon la revendication 12 ou 13, ladite fraction de puissance nominale étant égale à environ 10% de cette puissance nominale.

15. Procédé selon l'une des revendications 1 à 14, dans lequel la vitesse équivalente du brûleur reste supérieure, dans ledit intervalle de puissance, à une valeur minimum comprise entre 25 m/s et 40 m/s.

5 16. Procédé selon la revendication 15, dans lequel la vitesse équivalente du brûleur reste supérieure 35 m/s.

10 17. Procédé de combustion, à l'aide d'un brûleur, d'au moins un fluide oxydant et d'au moins un fluide combustible, ou procédé de contrôle d'une flamme d'un brûleur, dans lequel on maintient la vitesse équivalente du brûleur à une valeur supérieure à 25 m/s.

15 18. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le brûleur comporte au moins un injecteur de combustible (21, 30, 40, 50, 60) et au moins un injecteur d'oxydant (20 32, 34, 42, 44, 46, 52, 54, 62, 64, 66), la section de sortie d'au moins un des injecteurs de combustible et d'oxydant étant modifiée pour modifier la vitesse du fluide correspondant ou pour faire varier la vitesse équivalente du brûleur.

20 19. Procédé selon la revendication 18, dans lequel dans lequel la section de sortie d'au moins un des injecteurs de combustible et d'oxydant est modifiée par déplacement de moyens mécaniques (14, 18, 24).

25 20. Procédé selon l'une des revendications 1 à 19, le brûleur comportant au moins deux injecteurs d'oxydant (32, 34, 42, 44, 46, 52, 54, 62, 64, 66) et/ou deux injecteurs de combustible, et dans lequel on fait varier la répartition d'au moins un des fluides d'oxydant et de combustible entre les deux injecteurs correspondants.

30 21. Procédé selon la revendication 20, dans lequel les deux injecteurs sont de diamètres différents.

22. Procédé selon la revendication 20, dans lequel les deux injecteurs sont de diamètre identique.

5 23. Procédé selon l'une des revendications 1 à 22, dans lequel la combustion met en oeuvre deux oxydants différents, de concentrations différentes en oxygène, et injectés à l'aide d'au moins deux injecteurs (62, 64, 66), et dans lequel on modifie la quantité relative injectée de ces deux oxydants.

10 24. Procédé selon la revendication précédente, dans lequel l'oxydant de concentration en oxygène la plus faible est injecté à travers au moins un premier injecteur (64), l'oxydant de concentration en oxygène la plus élevée est injecté à travers au moins un deuxième injecteur (62, 66), la section du premier injecteur étant plus grande que la section du deuxième injecteur.

20 25. Procédé selon l'une des revendications 1 à 24, dans lequel on fait varier la vitesse d'injection, ou la répartition entre plusieurs injecteurs (32, 34, 42, 44, 46, 52, 54, 62, 64, 66), d'un oxydant.

26. Procédé de fusion non continu mettant en oeuvre un procédé selon l'une des revendications 1 à 25.

25 27. Procédé de fusion ou de réchauffage en continu, mettant en oeuvre un procédé selon l'une des revendications 1 à 25.

28. Procédé selon la revendication 27, le procédé étant un procédé de chauffage de produits sidérurgiques.

30 29. Dispositif de combustion comportant au moins un injecteur d'oxydant (20, 32, 34, 42, 44, 46, 52, 54, 62, 64, 66) et au moins un injecteur de combustible (21, 30, 40, 50, 60), et des moyens pour faire varier la

puissance et/ou la vitesse équivalente du brûleur de manière indépendante l'une de l'autre.

5 30. Dispositif selon la revendication 29, comportant des moyens (6) pour faire varier la température de l'un au moins des fluides injectés.

10 31. Dispositif selon la revendication 29, comportant des moyens (7 – 9) pour introduire dans l'injecteur d'oxydant un mélange d'un premier et d'un second oxydant.

15 32. Dispositif de combustion, comportant au moins un injecteur d'oxydant (20, 32, 34, 42, 44, 46, 52, 54, 62, 64, 66) et au moins un injecteur de combustible (21, 30, 40, 50, 60), et des moyens pour faire varier le débit massique et/ou la vitesse d'injection, d'au moins un oxydant ou d'au moins un combustible, de manière indépendante l'un de l'autre.

20 33. Dispositif de combustion comportant au moins un injecteur d'oxydant (20, 32, 34, 42, 44, 46, 52, 54, 62, 64, 66) et au moins un injecteur de combustible (21, 30, 40, 50, 60), et des moyens pour maintenir une vitesse équivalente du brûleur à une valeur supérieure ou égale à 25 m/s.

25 34. Dispositif selon l'une des revendications 29 à 33, comportant des moyens (24) pour modifier la section de sortie d'au moins un des injecteurs de combustible et d'oxydant.

35. Dispositif selon la revendication 34, comportant des moyens mécaniques pour modifier la section de sortie d'au moins un des injecteurs de combustible et d'oxydant.

30 36. Dispositif selon l'une des revendications 29 à 35, comportant au moins deux injecteurs d'oxydant (32, 34, 42, 44, 46, 52, 54, 62, 64, 66) et/ou au moins deux injecteurs de combustible, et des moyens (36, 48, 49, 56, 48)

pour faire varier la répartition d'oxydant et/ou de combustible entre les deux injecteurs correspondants.

37. Dispositif selon la revendication 36, comportant au moins deux
5 injecteurs d'oxydant (32, 34, 44, 46, 52, 54, 64, 66) de sections différentes
et/ou deux injecteurs de combustible de sections différentes.

38. Dispositif selon la revendication 37, comportant un injecteur de
combustible (30) et un premier injecteur d'oxydant (32), coaxiaux, et un
10 deuxième injecteur d'oxydant (34) de section supérieure à la section du
premier injecteur d'oxydant (32).

39. Dispositif selon la revendication 37, comportant un injecteur de
combustible (50) et deux injecteurs d'oxydant (52, 54), tous trois coaxiaux.
15

40. Dispositif selon la revendication 36 comportant deux injecteurs
d'oxydant de sections identiques et/ou deux injecteurs de combustible de
sections identiques.

41. Dispositif selon l'une des revendications 29 à 37, comportant un
20 injecteur de combustible (40), et un premier injecteur d'oxydant (42), tous
deux coaxiaux, ainsi qu'un double injecteur d'oxydant (44, 46) comportant un
second injecteur (44), à faible section, et un troisième injecteur, à grande
section (46).

25 42. Dispositif selon la revendication 41, comportant des premiers
moyens (48) pour répartir l'oxydant entre le troisième injecteur (46), à grande
section, et l'ensemble des deux autres injecteurs d'oxydant (42, 46), et des
seconds moyens (40) pour répartir entre ces derniers la partie d'oxydant
30 dirigée vers ces deux autres injecteurs.

43. Dispositif selon l'une des revendications 29 à 41, comportant au
moins deux injecteurs d'oxydant (42, 64, 66), des moyens pour injecter au

moins deux oxydants différents, de concentrations différentes en oxygène, et des moyens pour modifier la quantité relative injectée de ces deux oxydants.

5 44. Four de fusion ou four de réchauffage ou de recuit, comportant un brûleur selon l'une des revendications 29 à 43.

45. Four selon la revendication 44, ledit four étant continu ou discontinu.

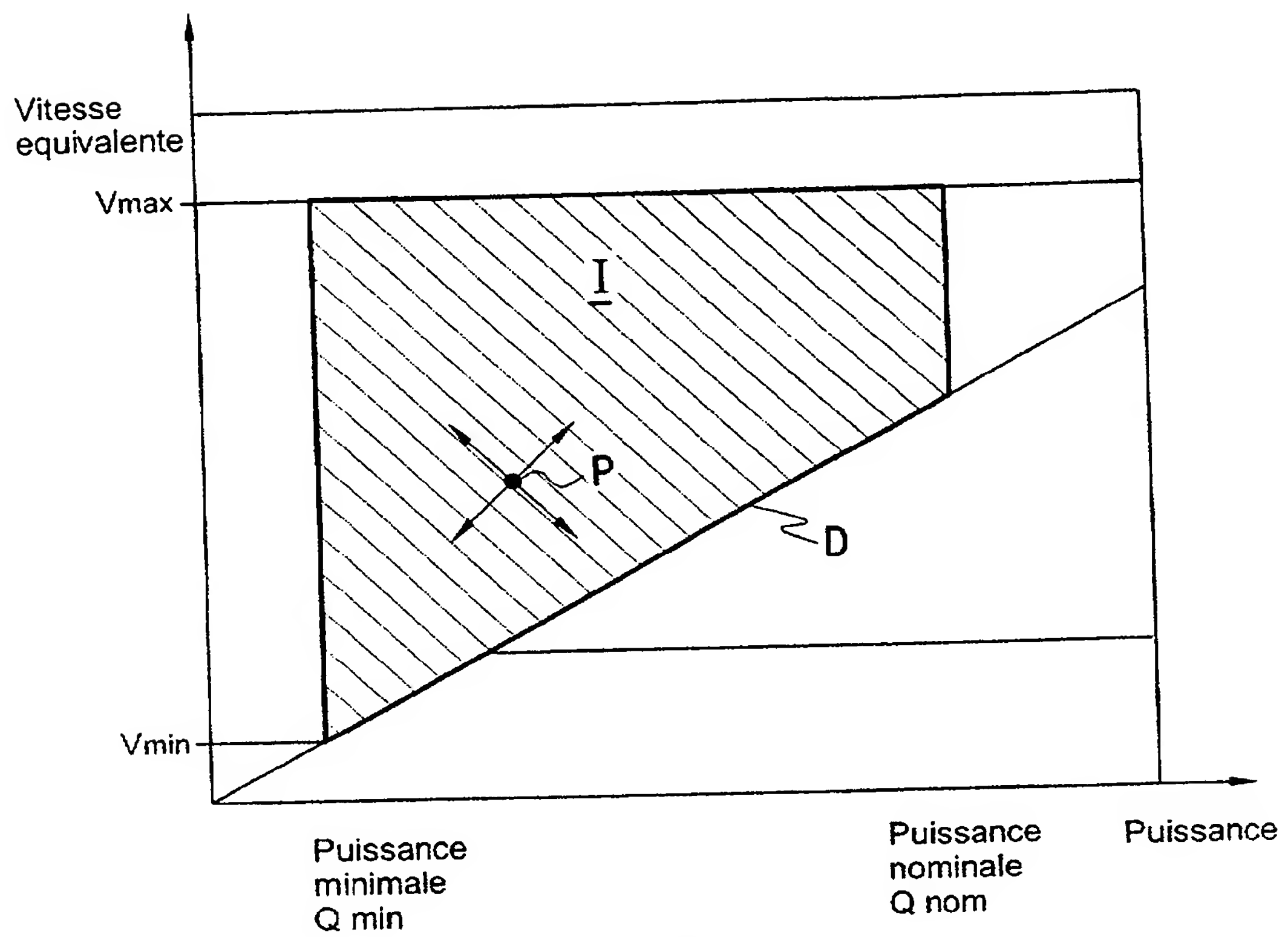


FIG.1

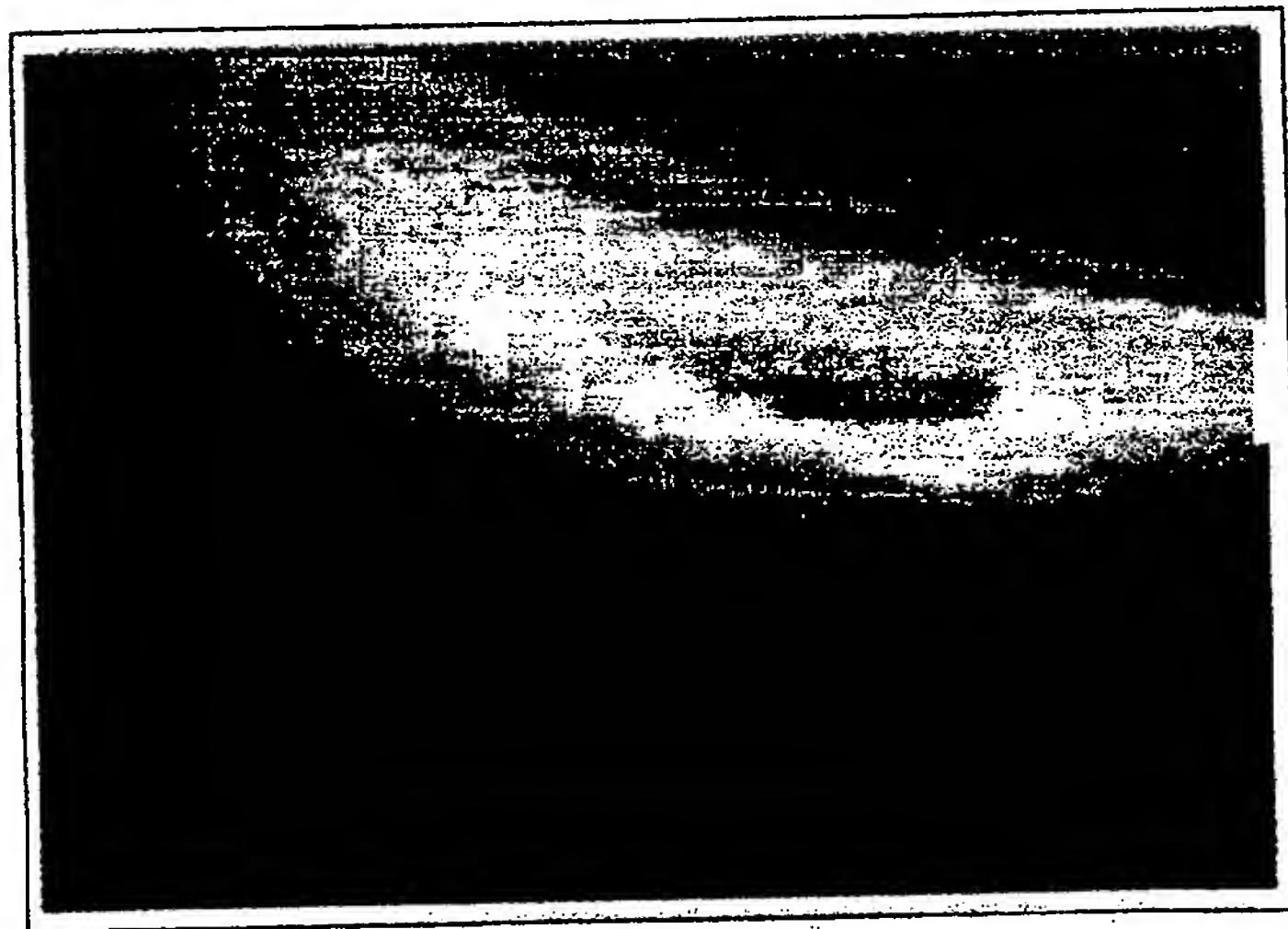


FIG.5

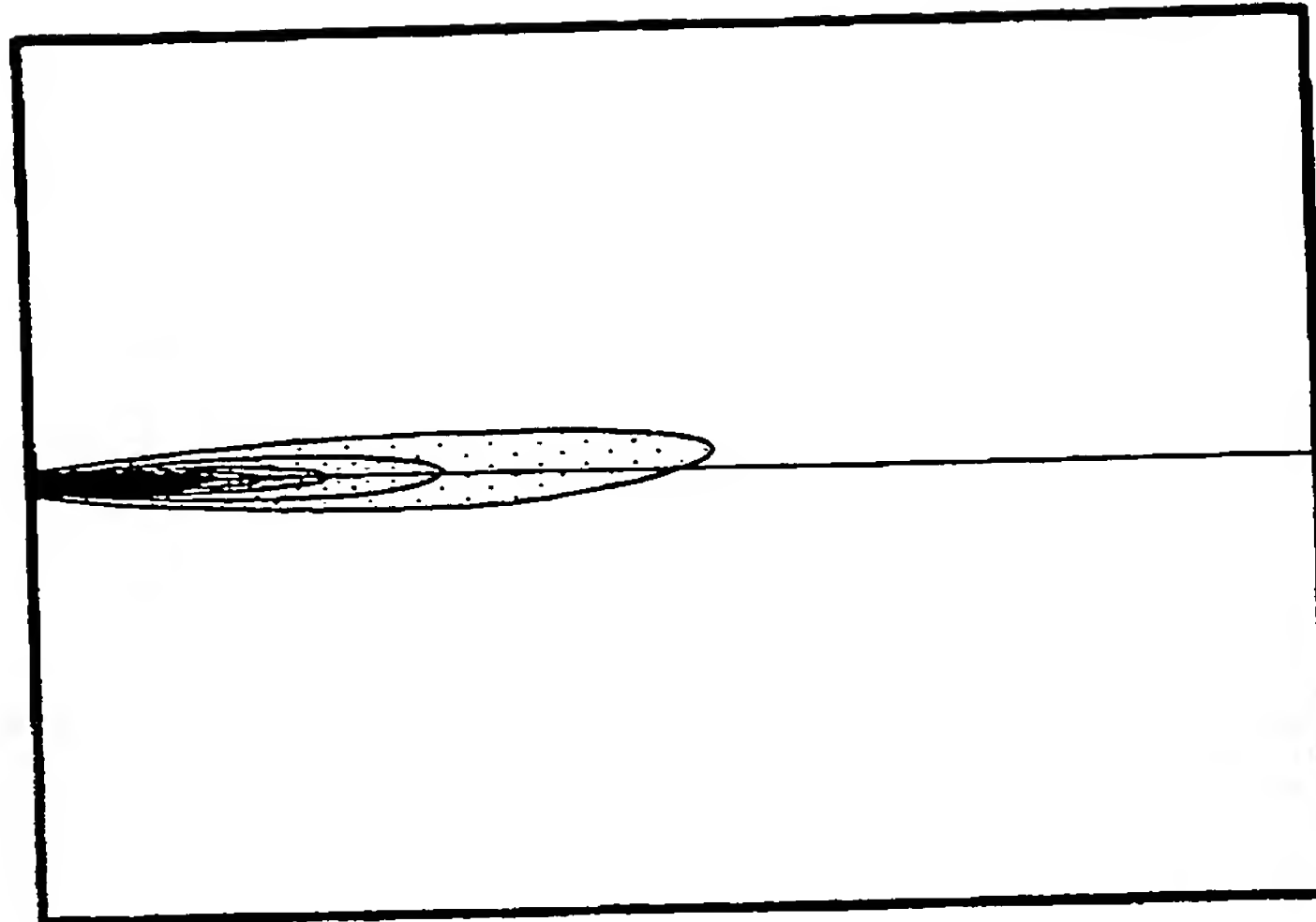


FIG. 2

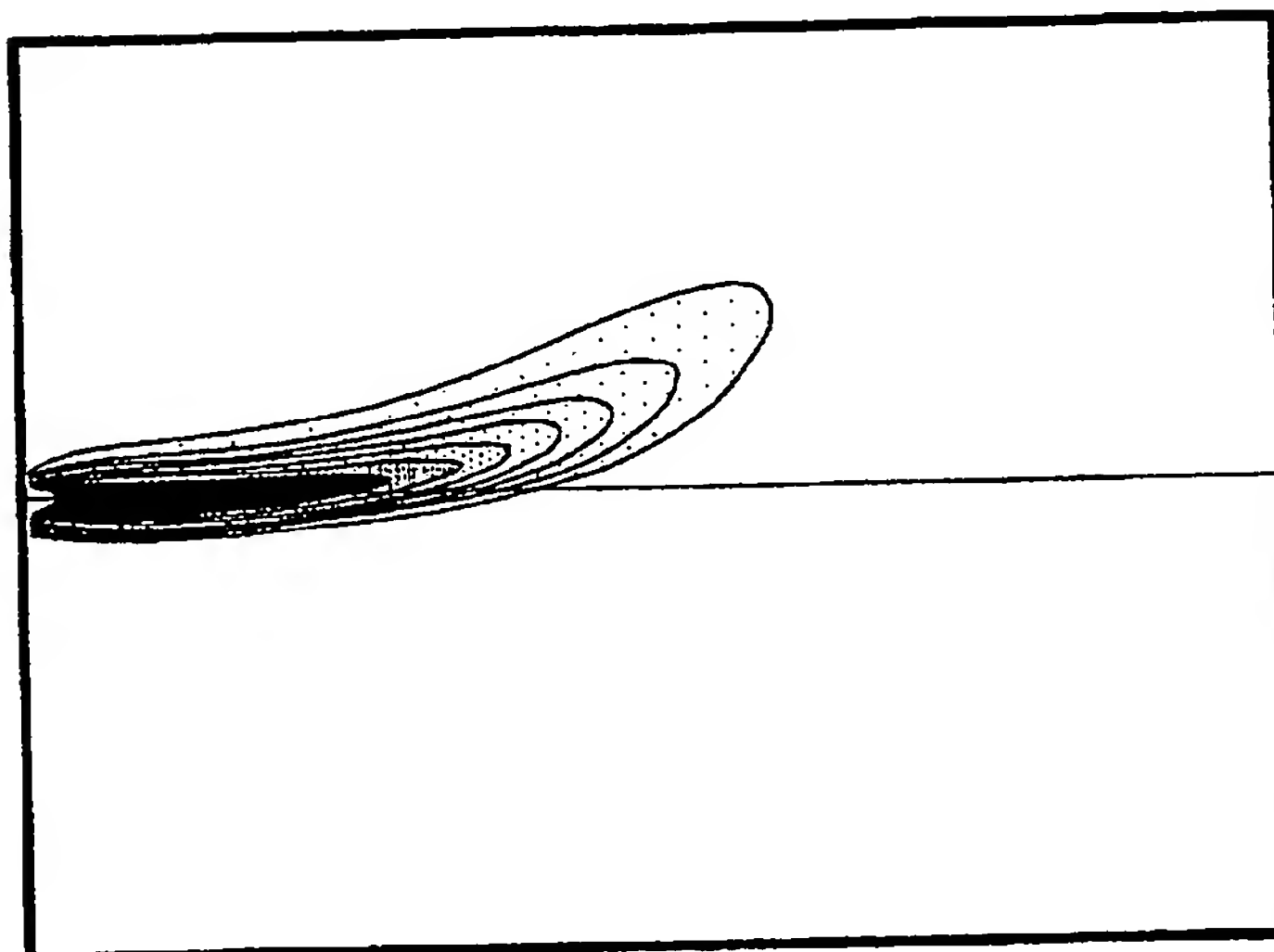


FIG. 3

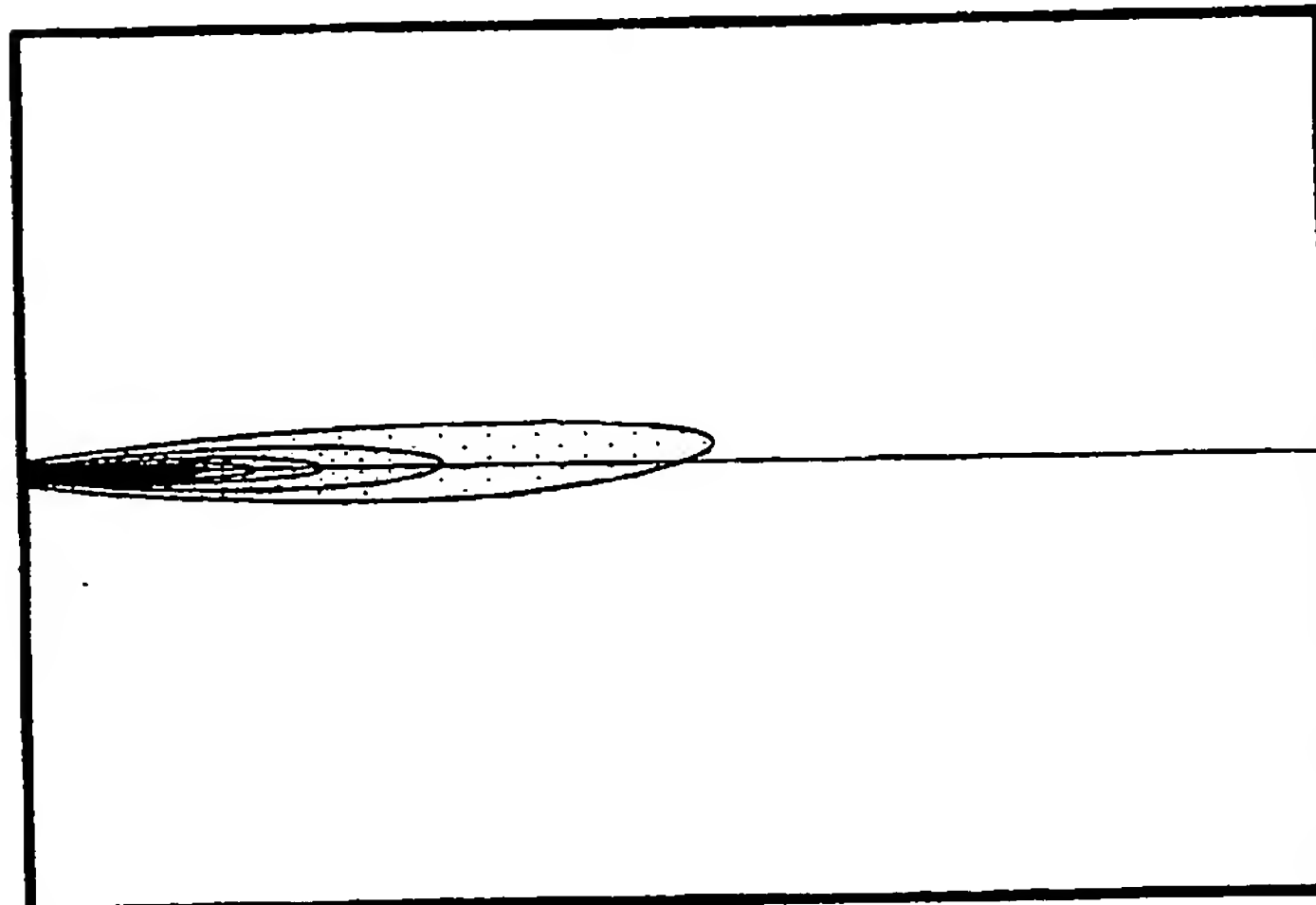


FIG. 4

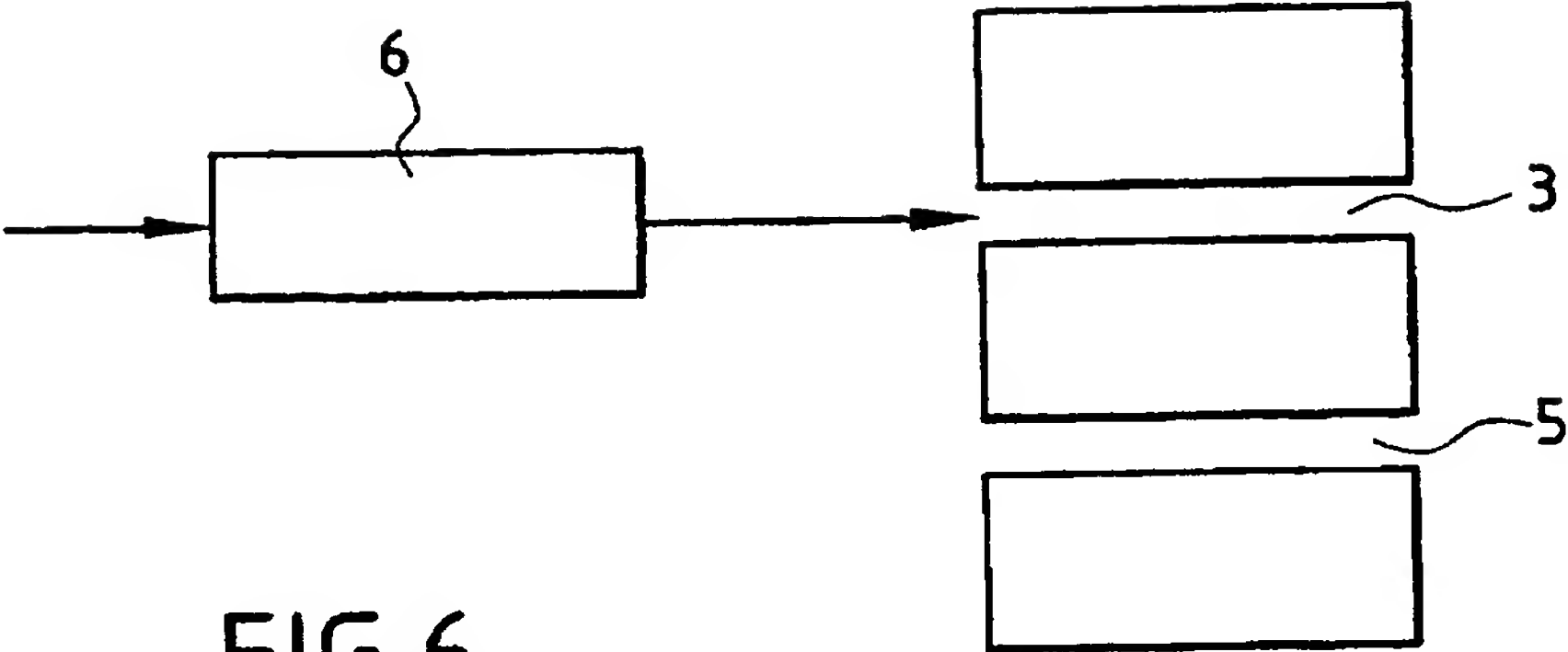


FIG. 6

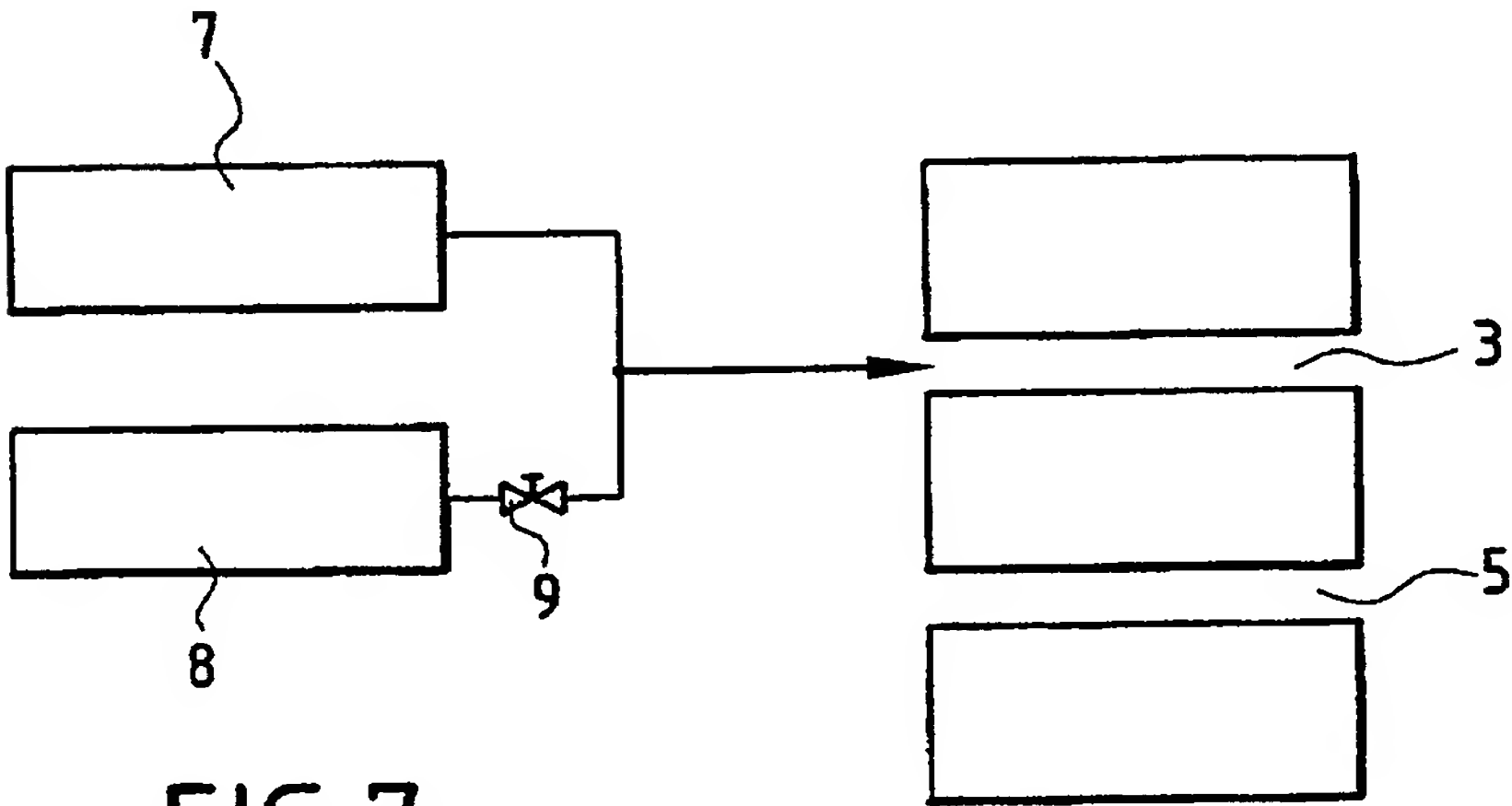


FIG. 7

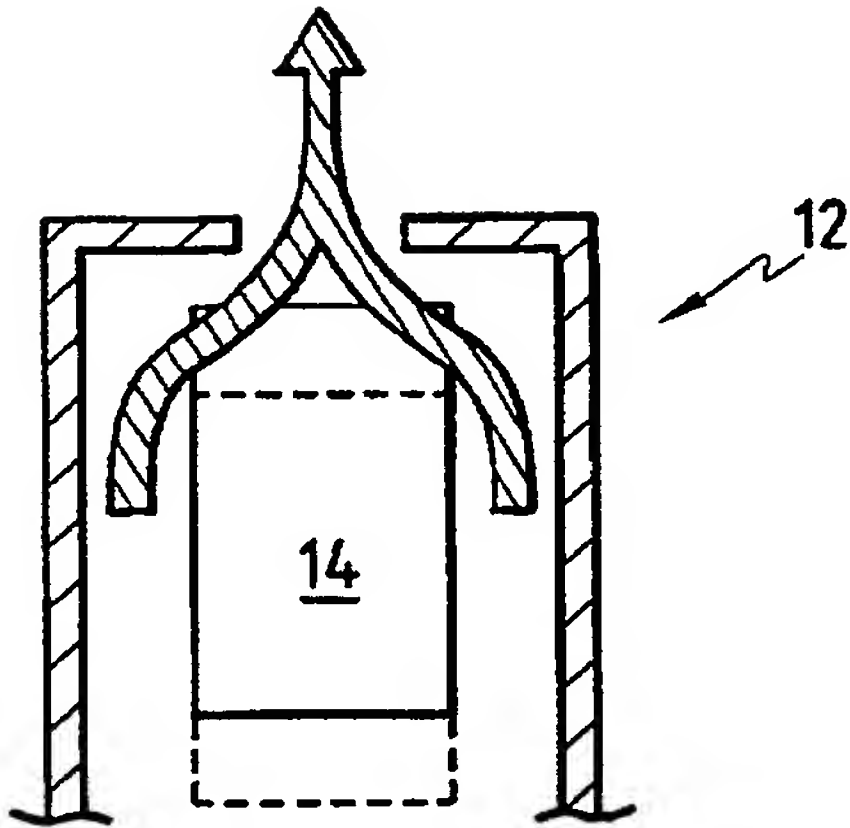


FIG. 8

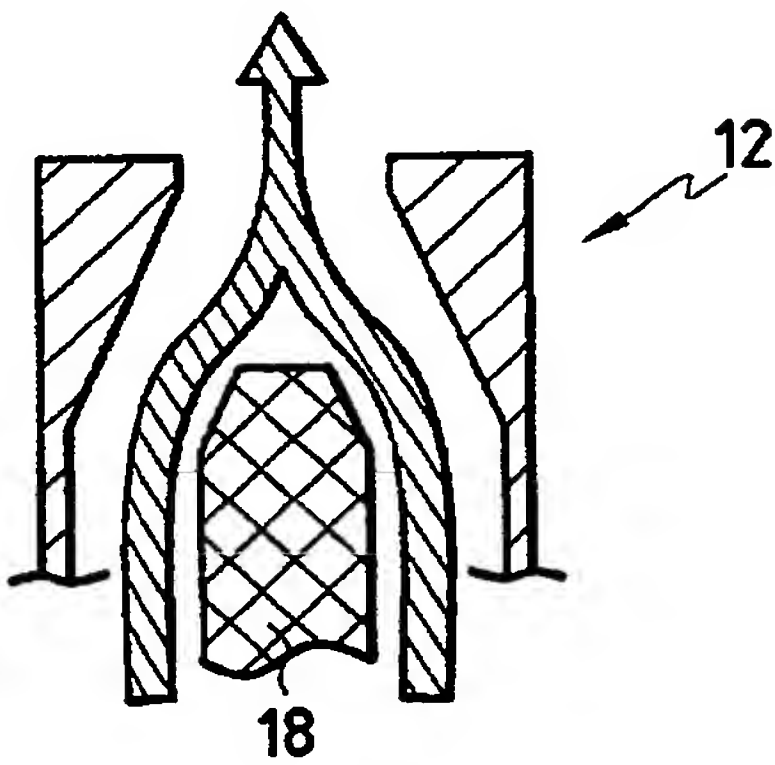


FIG. 9

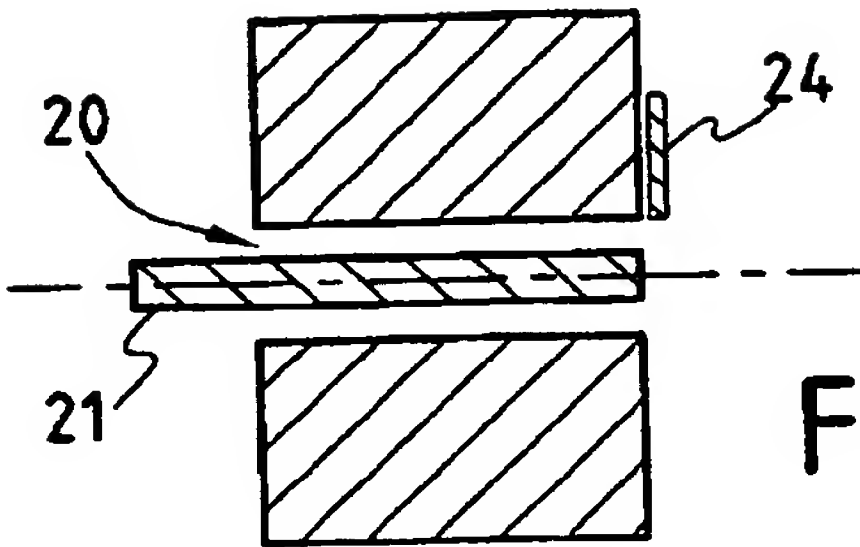


FIG. 10

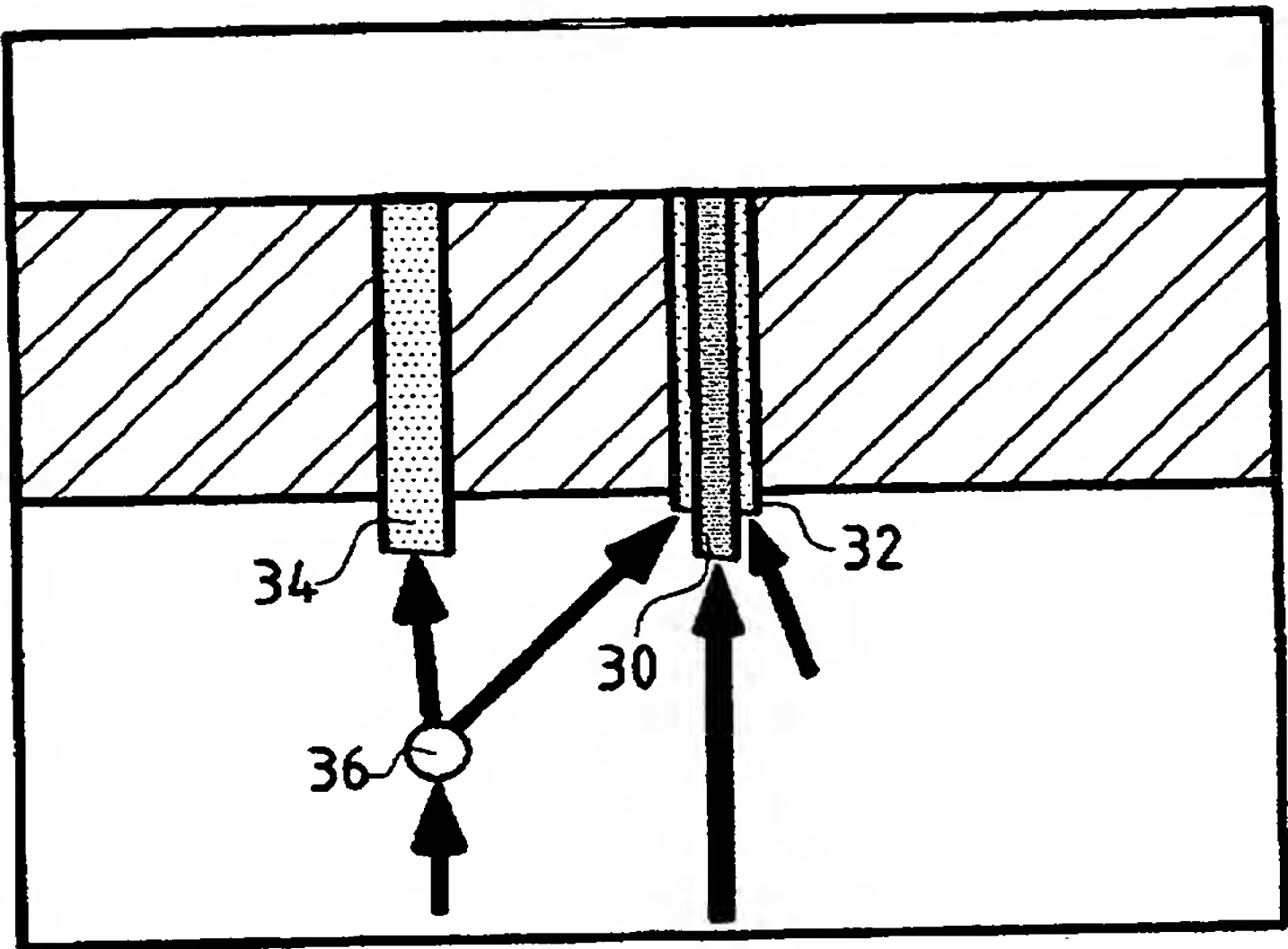


FIG. 11

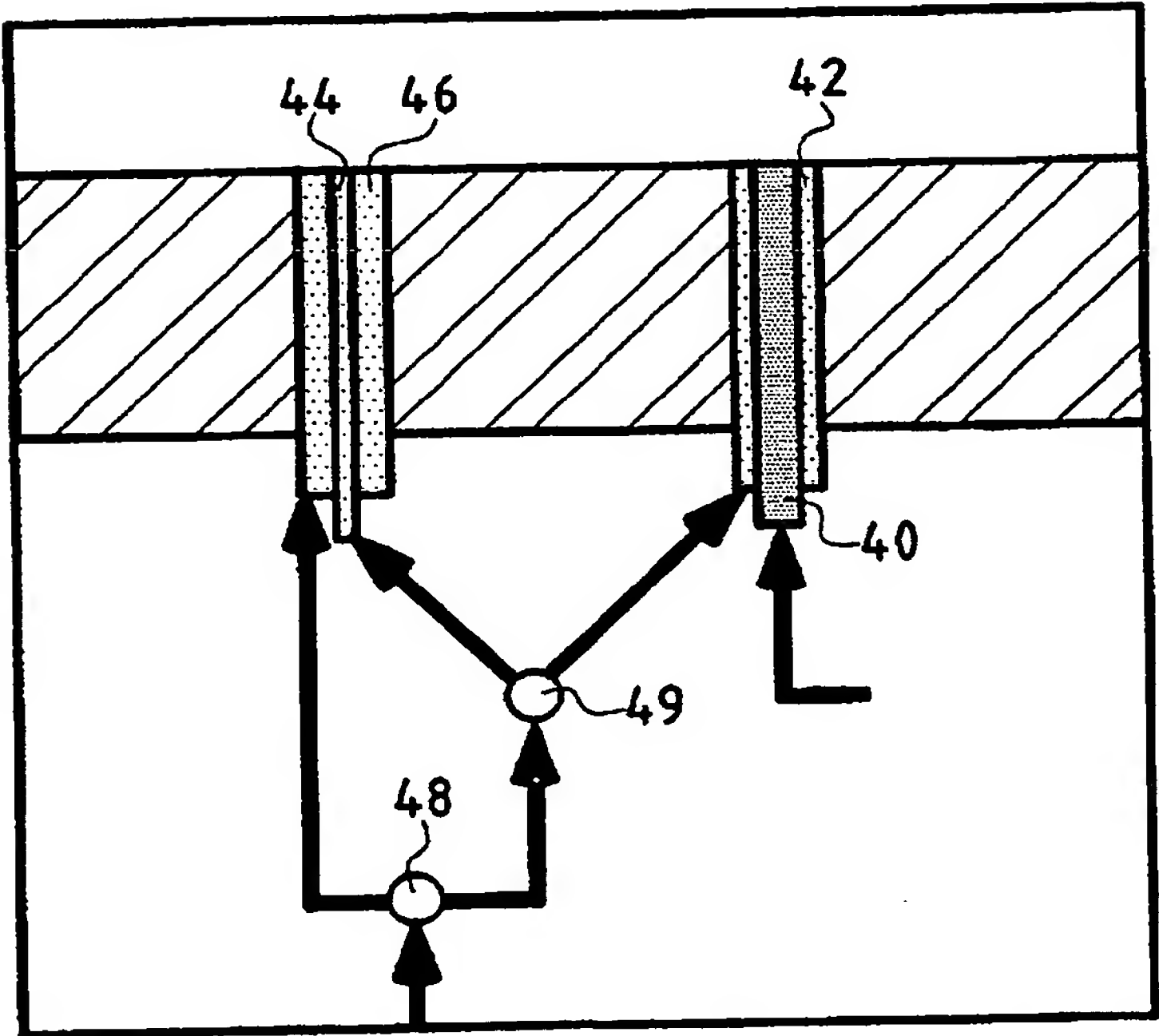


FIG. 12

5/5

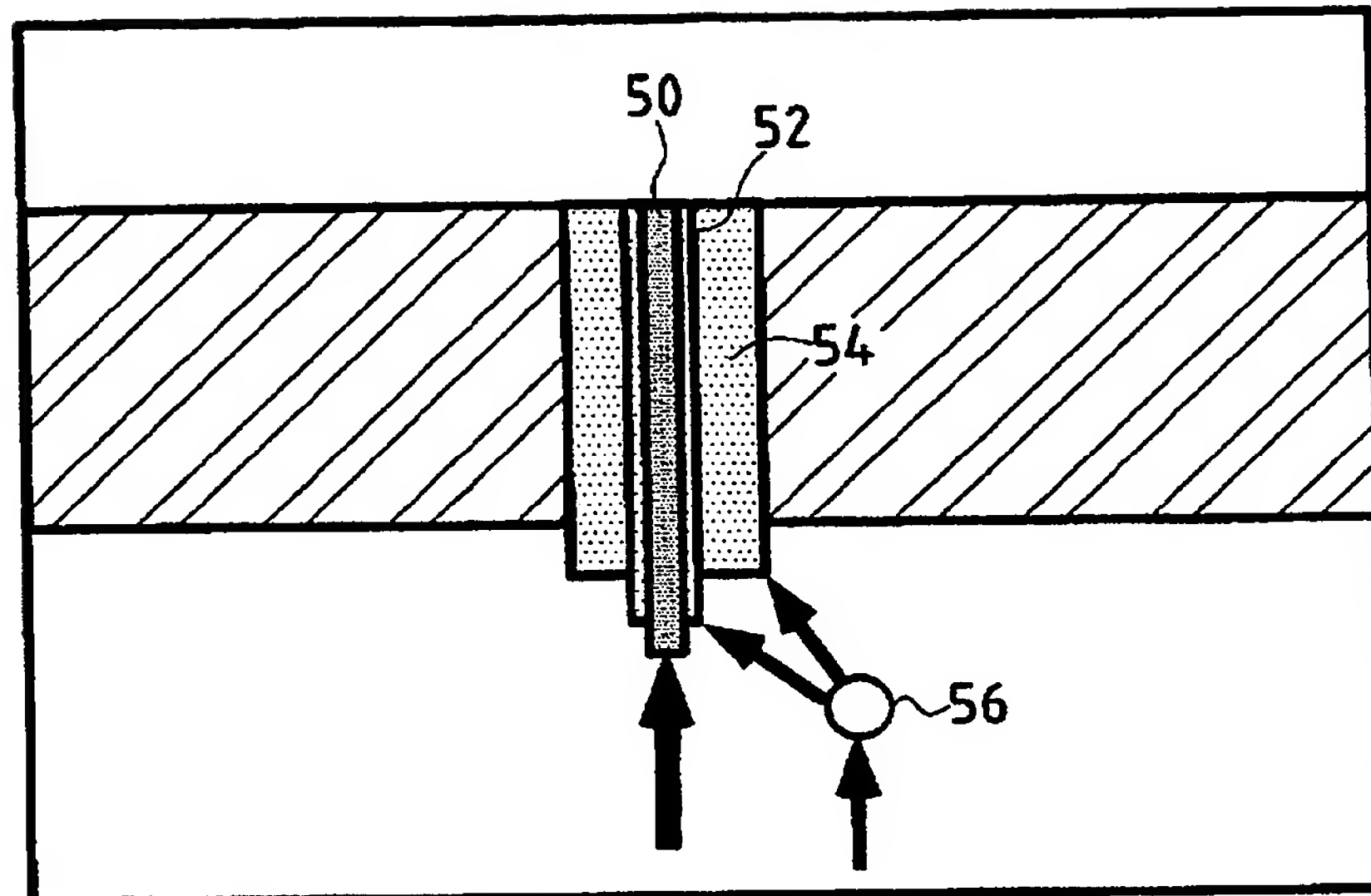


FIG.13

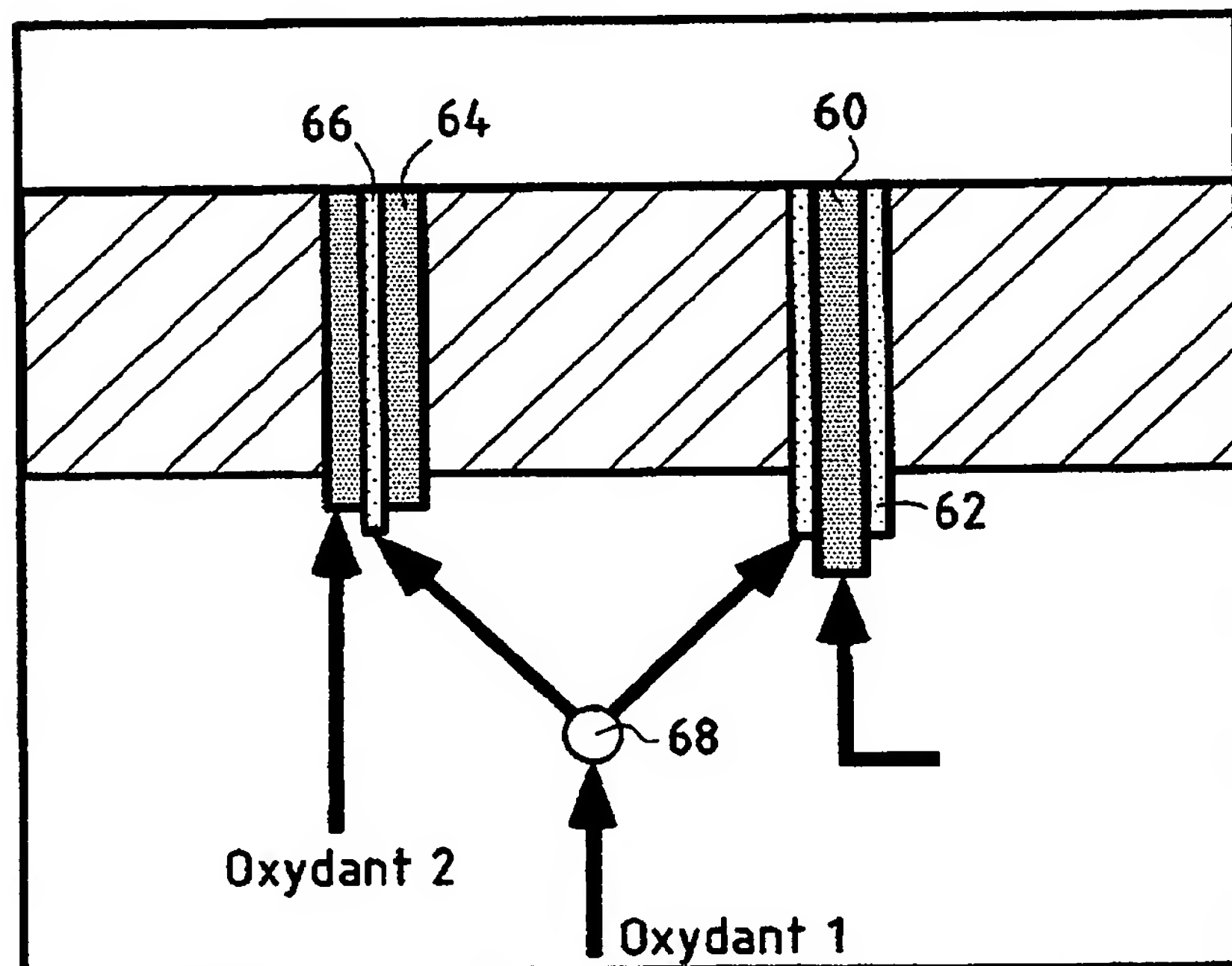


FIG.14

shown, either manual or automatic, to control the flow in each of the fuel conduit 14 and the annular passages 24 and 26. The air/oxygen/fuel flow can be adjusted individually since each is from a separate source and each has its own flow passage.

The end of the fuel conduit nozzle 16 is illustratively shown as extending beyond the outlet end of the inner annular passage 26. But this is not critical and the two ends can be flush. The end of the middle conduit 20 is shown extending beyond the end of the outer conduit 12, but this arrangement also is not critical.

Fuel flowing through the inner conduit 14 is at a predetermined velocity, while the oxygen flowing through the inner annular passage 26 and air through the outer annular passage 24 can be at different, but lower, velocities. This has the advantage in that oxygen can be provided at a reduced pressure, which can be a cost saving due to the lower compressing power required.

The velocity of the fuel from the inner conduit 14 can be varied over a wide range. Low NO_x generation and moderate flame temperature can be achieved by having the fuel velocity equal to or greater than 400 ft/sec. Furnace gases 18, e.g. combustion reaction products, nitrogen, etc., are aspirated into the fuel gas stream rather than the streams of the two oxidants prior to combustion.

In the preferred manner of operating the dual oxidant combustion system of the invention, a minimum amount of air (for the purpose of cooling the outer conduit 12) and a maximum amount of oxygen for a given fuel input, are employed resulting in high thermal efficiency, good heat transfer and high total heat input to the furnace.

Under certain circumstances, when the furnace does not require the high heat input and/or when the oxygen supply is limited, the oxygen input can be cut back substantially, and the dual oxidant burner will be functioning in approximation to an air burner. This provides a wide latitude of flexibility for furnace operation and control.

Ranges of conditions and process variations can affect the performance of the dual oxidant burner of the invention. These include the relative amount of oxygen and air and the ratio of fuel velocity to oxygen velocity. For a given fuel input, the total amount of oxidants to be provided should be so as to provide at least 5% more oxygen molecules than stoichiometrically required for complete combustion of the fuel. Relative amounts of oxygen from passage 26 to the amount of oxygen molecules in the air from passage 24 air can be expressed as follows:

	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)
O ₂	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
air	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%

Condition (A) represents an oxy-fuel operation with a small amount of cooling air passing through the air passage 24. The minimum amount of cooling air depends on burner size and furnace conditions such as temperature and pressure. The 90%-10% split shown in condition (A) is for illustration purposes. At the other end of the table, condition (I) approximates an air burner operation.

Any of the above conditions ((A) to (I)) are applicable for the dual oxidant burner of the invention. The preferred mode of operation depends on the process requirement, production demands, furnace conditions, local emissions regulations and/or oxygen availability. From the combustion efficiency and/or heat transfer points of view, however, it is preferable to operate the burner in a manner wherein at least 80 percent of the oxygen molecules necessary to completely combust the fuel are provided by the oxygen passed into the furnace.

Utilizing the burner illustrated Fig. 1, the velocities of the oxidants (air and oxygen) are not the critical parameters. The velocity of fuel becomes a dominant factor. For process requirements, especially to achieve low NO_x emissions, the fuel velocity should be at least 200 ft/sec, preferably at least 300 ft/sec most preferably at least 400 ft/sec.

The invention has advantages in that it makes it easy to convert an existing air-fuel burner to oxy-fuel combustion. Further, the economics of using oxygen can be effectively controlled based on the processing requirements and economic conditions, such as the pricing of oxygen and fuel.

Fig. 2 shows an air-fuel burner formed by an outer conduit 112 with an interior conduit 114 through which the fuel is supplied. In Fig. 2, an oxygen lance 116 is mounted in the interior of the fuel conduit 114. The nozzle end of the lance extends beyond the conduits 112, 114 forming the air burner. In Fig. 2, oxygen is injected through the nozzle 120 of the lance into the furnace or combustion zone and it mixes with (i) the fuel from the annular fuel passage 126 (formed between the inner surface of conduit 114 and the outer surface of lance 116) that surrounds the lance and (ii) the air from the annular passage 124 (formed between the outer surface of conduit 114 and the inner surface of conduit 116) that surrounds the fuel passage 126.

The oxygen lance illustrated in Fig. 2 has two features, a high velocity oxygen jet from lance 116 and a low velocity air stream from passage 124. The high velocity oxygen jet from lance 116 enhances the aspiration of the surrounding

Another aspect of the invention is:

A combustion method employing dual oxidants comprising:

- (A) passing fuel at a high velocity into a combustion zone containing furnace gases and aspirating gases into the high velocity fuel;
- (B) passing oxygen into the combustion zone in a stream annular to the fuel;
- (C) passing air into the combustion zone in a stream annular to the oxygen;
- (D) mixing oxygen and air with the mixture of fuel and furnace gases to form a combustible mixture; and
- (E) combusting the combustible mixture within the combustion zone.

Yet another aspect of the invention is:

A combustion method employing dual oxidants comprising:

- (A) passing oxygen at a high velocity into a combustion zone containing furnace gases and aspirating furnace gases into the high velocity oxygen;
- (B) passing fuel into the combustion zone in a stream annular to the oxygen;
- (C) passing air into the combustion zone in a stream annular to the fuel in an amount less than that required to completely combust the fuel and combusting the air with the fuel to form a mixture comprising combustion products and unburned fuel;
- (D) mixing the mixture comprising combustion products and unburned fuel with the mixture of oxygen and furnace gases to form a combustible mixture; and
- (E) combusting the combustible mixture within the combustion zone.

As used herein, the term "oxygen" means a gaseous fluid having an oxygen concentration of at least 30 mole percent. It may have an oxygen concentration exceeding 85 mole percent or may be commercially pure oxygen having an oxygen concentration of 99.5 mole percent or more.

Objects of the Invention

It is an object of the invention to provide a dual oxidant combustion system capable of producing low NO_x output for a furnace.

A further object is to provide a retrofit for an existing air-fuel burner to convert it to a dual oxidant burner.

Another object is to provide a dual oxidant burner formed by adding to a conventional air-fuel burner an arrangement for supplying oxygen.

Brief Description of the Drawings

Other objects and advantages of the invention will become more apparent upon reference to the following specification and annexed drawings in which:

Fig. 1 is a view of a burner for the practice of one embodiment of the invention; and

Fig. 2 is a view of another burner for the practice of another embodiment of the invention.

Detailed Description of the Invention

Fig. 1 shows the parts of a conventional air-fuel burner which includes an outer conduit 12 and an inner conduit 14. In the conventional air-fuel burner, the inner conduit 14 communicates with and receives fuel from a source (not shown), and has an end nozzle 16 of any suitable type through which the fuel is ejected under pressure into a furnace or combustion zone. The fuel can be of any suitable type, for example, natural gas, other hydrogen-carbon fuel gases, coke oven gas, oil, etc. In a conventional burner, an oxidant such as air is supplied in the annular passage between the inner surface of the outer tubular conduit 12 and the outer surface of the inner tubular conduit 14.

In accordance with the invention, a middle conduit, or pipe, 20, is fitted around the inner fuel conduit 14 in the space between the inner and outer conduits. This forms an outer annular passage 24 between the outer conduit 12 and the middle conduit 20, and an inner annular passage 26 between the middle conduit 20 and the inner fuel conduit 14. With the arrangement shown, the fuel exits from the openings of the nozzle 16. The fuel is surrounded by oxygen flowing through the inner annular passage 26 which communicates with a source of oxygen (not shown). The air which flows through the outer annular passage 24 is partially mixed with the fuel at the burner front. Passage 24 by means of passage 13 communicates with a source of air (not shown). There can be separate control devices, such as the valves

DescriptionField of the Invention

5 The present invention relates generally to oxy-fuel combustion and more particularly to oxy-fuel combustion which additionally provides air to the combustion reaction.

Background of the Invention

10 A number of combustion processes for a furnace use a burner supplied with air as an oxidizer in combination with a fuel, such as natural gas, fuel oil, propane, waste oils, other hydrocarbons, and the like. Attempts have been made to improve the performance of such air combustion processes by enriching the combustion atmosphere with oxygen enriched air, or pure oxygen gas. Oxygen enrichment of the combustion air increases both the burner flame tempera-
 15 ture and the thermal efficiency while the furnace flue gas volume decreases as the oxygen concentration in the air or oxidizing gas increases.

It is known that even low level oxygen enrichment in the combustion process can cause a dramatic increase in undesirable nitric oxide (NO_x) emissions. In industrial combustion processes, over 90% of the NO_x emissions are in the form of nitric oxide or NO. High levels of oxygen enrichment, e.g., above 90% total oxygen content in the oxidizer, could result in the production of less NO_x than using air for the same burner firing rate. However, high levels of oxygen enrich-
 20 ment are costly to implement.

Further, when oxygen is used to replace the air for combustion, it often causes problems, such as furnace refrac-
 tory damage, uneven temperature distribution, and high NO_x emission due to high flame temperature. In specialized applications of metal processing, especially in aluminum remelting, another related problem occurs, namely excess oxi-
 dation of the metal load.

25 Conventionally, one approach used to enrich the oxygen content of the combustion process is to install an oxy-fuel burner in the center of the existing air-fuel burner. This has a disadvantage in that it results in a relatively complex construction. Further, in such a burner it is difficult to control the two fuel streams and, at the same time, to adjust both the air and the oxygen for matching the fuel streams. Another approach is to design an oxy-fuel burner which can utilize a high level of oxygen as an oxidant and yet still maintain a moderate flame temperature and low NO_x emissions. This
 30 involves a new burner installation involving more work which can be difficult and costly.

Accordingly, a need exists to develop a system as a retrofit to an existing air burner system to enable the use of both oxygen and air for combustion without causing the undesired adverse affects associated with using only pure oxy-
 gen as the oxidant.

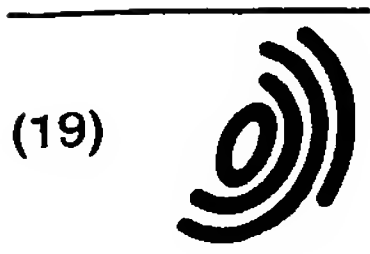
35 Brief Description of the Invention

The present invention relates to a retrofit system for an existing air-fuel burner to provide a second oxidant source. The invention provides a simple design which permits retrofitting to an existing air combustion system which can mod-
 40 erate and control the flame temperature when using oxygen. In accordance with the invention, a conventional burner having an inner conduit serving as a fuel passage and an outer conduit which defines with the inner conduit a passage for air flow, is modified to add a conduit between the inner and outer conduits. This provides an additional passage between the outer and added conduit for a source of oxygen, which is used to improve the combustion process. Each oxidant flow and the fuel flow can be individually controlled to adjust the burner combustion characteristics and partic-
 45 ularly to add a source of oxygen such that the production of NO_x can be reduced. The invention is a simple retrofitting rather than a new installation, and results in lower capital costs and minimum furnace downtime during the installation.

One aspect of the invention is:

A dual oxidant burner comprising:

- 50 an inner conduit communicating with a source of fuel, through which fuel flows, and having a nozzle at its exit end;
- an outer conduit surrounding at least a portion of the length of said inner conduit and an intermediate conduit between said inner and outer conduits, the outer and intermediate conduits defining a first passage between said inner and intermediate conduits communicating with a source of oxygen, and a second passage between
 55 said intermediate and outer conduits communicating with a source of air, each of said first and second pas-
 sages having an outlet end adjacent said nozzle;
- each of said first and second passages conveying respective oxidants to mix beyond the outlet ends thereof with the fuel from the nozzle.



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 877 203 A1**

(12)

EUROPEAN PATENT APPLICATION

(43) Date of publication:
11.11.1998 Bulletin 1998/46

(51) Int. Cl.⁶: **F23D 14/22**

(21) Application number: **98108258.9**

(22) Date of filing: **06.05.1998**

(84) Designated Contracting States:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Designated Extension States:
AL LT LV MK RO SI

(72) Inventor: **Ding, Maynard Guotsuen**
New York 10598 (US)

(74) Representative:
Schwan, Gerhard, Dipl.-Ing.
Elfenstrasse 32
81739 München (DE)

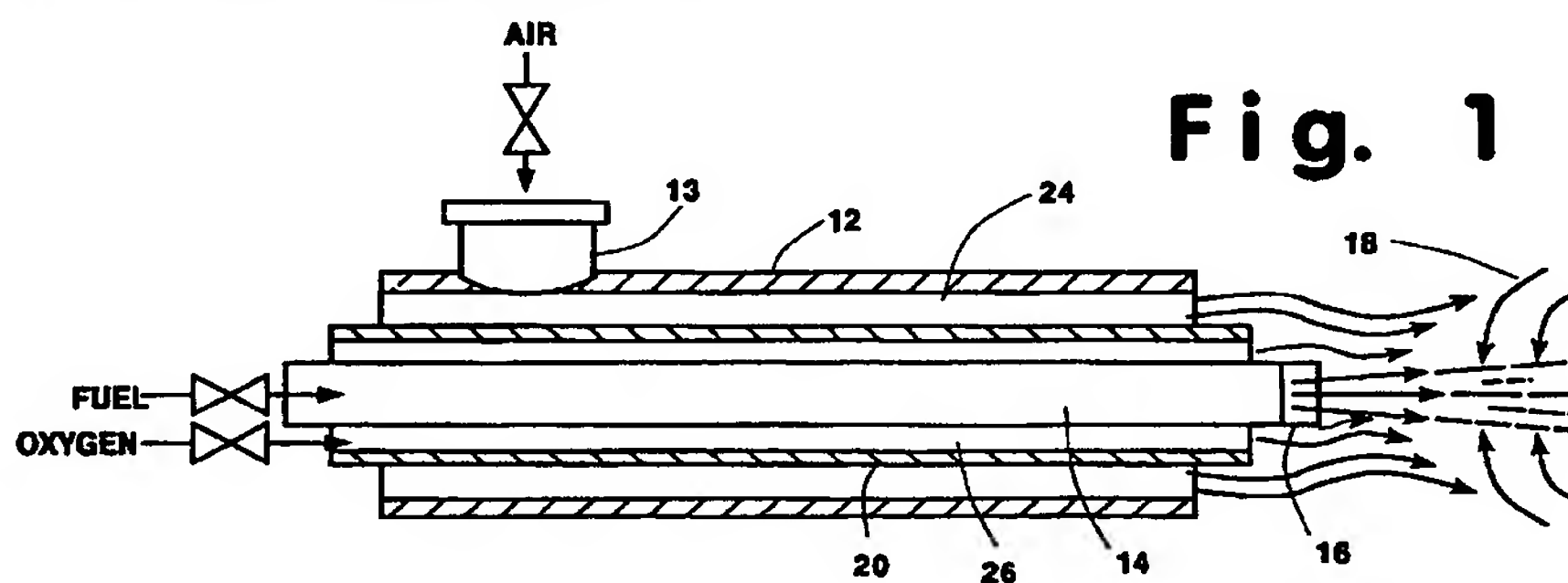
(30) Priority: **08.05.1997 US 848412**

(71) Applicant:
PRAXAIR TECHNOLOGY, INC.
Danbury, CT 06810-5113 (US)

(54) Dual oxidant combustion system

(57) A dual oxidant burner having an inner conduit (14) with a passage communicating with a source of fuel, an outer conduit (12) over the inner conduit and an intermediate conduit (20) between the inner (14) and outer (12) conduits. The three conduits (12,14,20) form an inner passage (26) between the inner (14) and intermediate (20) conduits communicating with a source of oxygen, and an outer passage (24) between the inter-

mediate (20) and outer (12) conduits communicating with a source of air. The fuel and the two oxidants are mixed in a furnace or other combustion zone beyond the outlet of the nozzle (16) and the two passages (24,26) and their flow amounts are individually adjusted to establish the burner flame.



EP 0 877 203 A1



ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0112859 FA 611039**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 2-06-2002

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5217363 A	08-06-1993	CA 2070971 A1	11-12-1993
US 6290487 B1	18-09-2001	AUCUN	
US 6126438 A	03-10-2000	AU 5882500 A	09-01-2001
		EP 1194719 A1	10-04-2002
		WO 0079182 A1	28-12-2000
EP 0763692 A	19-03-1997	US 5743723 A	28-04-1998
		EP 0763692 A2	19-03-1997
		JP 9166308 A	24-06-1997
US 4931013 A	05-06-1990	AUCUN	

EPO FORM P0465

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82



**INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIETE
INDUSTRIELLE**

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

2830606

**N° d'enregistrement
national**

FA 611039
FR 0112859

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
Y	US 4 931 013 A (BRAHMBHATT SUDHIR R ET AL) 5 juin 1990 (1990-06-05) * colonne 3, ligne 36 - colonne 4, ligne 26 * * revendication 10 * * figure 2 * -----	31	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
12 juin 2002		Coquau, S	

CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS

X : particulièrement pertinent à lui seul

Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie

A : arrière-plan technologique

O : divulgation non-écrite

P : document intercalaire

T : théorie ou principe à la base de l'invention

E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.

D : cité dans la demande

L : cité pour d'autres raisons

& : membre de la même famille, document correspondant

RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIREétabli sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

2830606

N° d'enregistrement
nationalFA 611039
FR 0112859

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 5 217 363 A (BRAIS NORMAND ET AL) 8 juin 1993 (1993-06-08)	1,5-7, 11-13, 18-21, 23-29, 32, 34-39, 43-45	F23N5/00 F23N1/02 F23D14/32 F23D14/60 F23D14/66 F23C7/00 F23L15/00 F27D19/00
Y		15,16, 22,31, 40,41	
A	* colonne 1, ligne 6 - ligne 51 * * colonne 2, ligne 33 - ligne 39 * * colonne 3, ligne 56 - colonne 4, ligne 66 * * colonne 6, ligne 7 - ligne 38 * * figures 1-3 * ---	10	
X	US 6 290 487 B1 (VELKE WILLIAM H) 18 septembre 2001 (2001-09-18) * colonne 2, ligne 35 - ligne 50 * ---	1-3,29, 30	
X	US 6 126 438 A (FOSSEN ARNAUD ET AL) 3 octobre 2000 (2000-10-03)	17,33	F23D F23N
Y	* colonne 6, ligne 54 - colonne 7, ligne 36 * * colonne 8, ligne 52 - colonne 9, ligne 9 * * colonne 11, ligne 19 - ligne 32 * * figure 2 * ---	15,16, 22,40,41	
X	EP 0 763 692 A (AIR LIQUIDE) 19 mars 1997 (1997-03-19)	17,33	
A	* page 3, ligne 58 - page 4, ligne 37 * * figure 3 * --- -/--	15,16	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
12 juin 2002		Coquau, S	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1503 12.99 (P04C)

combustion products 118, i.e. furnace gases, prior to mixing and combusting with the fuel provided by the existing air burner. The low velocity air stream provides flame stabilization. The amount of air provided by the existing air burner can be adjusted depending on the process requirements and production rate needed. The total amount of air and oxygen is controlled to be about 3 to 5 percent in excess of the stoichiometric amount needed to completely combust the fuel.

The preferred mode of operation is to provide a minimum amount of air for cooling purposes and a maximum amount of oxygen through the lance for combustion. Under these conditions, higher thermal efficiency, improved heat transfer, maximum furnace gas recirculation/aspiration, and lower NO_x emissions can be achieved. The burner illustrated in Fig. 2 can be considered as providing a kind of staged combustion. The old air-fuel burner is operated under a substoichiometric condition creating a fuel-rich zone immediately in front of the burner. The unburned fuel and the combustion products resulting from the combustion of the air and fuel will then be aspirated into the oxygen jets which already have been diluted with furnace gases. Complete combustion occurs at a certain distance away from the burner front. This high velocity oxygen lance enhances overall furnace recirculation, lowers peak flame temperature and avoids hot spots and furnace refractory damage. It will provide a desirable temperature distribution and result in low NO_x emissions. The velocity of the oxygen injected through the nozzle 120 should be at least 300 ft/sec, and preferably is more than 500 ft/sec. For aluminum melting, dross formation can be controlled even at a higher production rate. It could be reduced on a basis of pound of dross formed per pound of product. This is an important economic factor in the aluminum industry.

The lance illustrated in Fig. 2 may also provide a low velocity oxygen stream which acts as a flame stabilizer or flame holder. This is especially important when the burner is operated as an oxy-fuel burner with a minimum amount of air input and when the furnace is started up below the self-ignition temperature.

Specific features of the invention are shown in one or more of the drawings for convenience only, as each feature may be combined with other features in accordance with the invention. Alternative embodiments will be recognized by those skilled in the art and are intended to be included within the scope of the claims.

Claims

1. A dual oxidant burner comprising:

an inner conduit communicating with a source of fuel, through which fuel flows, and having a nozzle at its exit end;
 an outer conduit surrounding at least a portion of the length of said inner conduit and an intermediate conduit between said inner and outer conduits, the outer and intermediate conduits defining a first passage between said inner and intermediate conduits communicating with a source of oxygen, and a second passage between said intermediate and outer conduits communicating with a source of air, each of said first and second passages having an outlet end adjacent said nozzle;
 each of said first and second passages conveying respective oxidants to mix beyond the outlet ends thereof with the fuel from the nozzle.

2. A dual oxidant burner as of claim 1, wherein the outlet end of the first passage extends beyond the outlet end of said second passage and the nozzle extends beyond the outlet end of the first passage.

3. A combustion method employing dual oxidants comprising:

(A) passing fuel at a high velocity into a combustion zone containing furnace gases and aspirating furnace gases into the high velocity fuel;
 (B) passing oxygen into the combustion zone in a stream annular to the fuel;
 (C) passing air into the combustion zone in a stream annular to the oxygen;
 (D) mixing oxygen and air with the mixture of fuel and furnace gases to form a combustible mixture; and
 (E) combusting the combustible mixture within the combustion zone.

4. The method of claim 3 wherein the fuel has a velocity equal to or greater than 400 feet per second when it is passed into the combustion zone.

5. The method of claim 3 wherein at least 80 percent of the oxygen molecules necessary to completely combust the fuel are provided by the oxygen passed into the combustion zone in step (B).

6. A combustion method employing dual oxidants comprising:

(A) passing oxygen at a high velocity into a combustion zone containing furnace gases and aspirating furnace gases into the high velocity oxygen;

(B) passing fuel into the combustion zone in a stream annular to the oxygen;

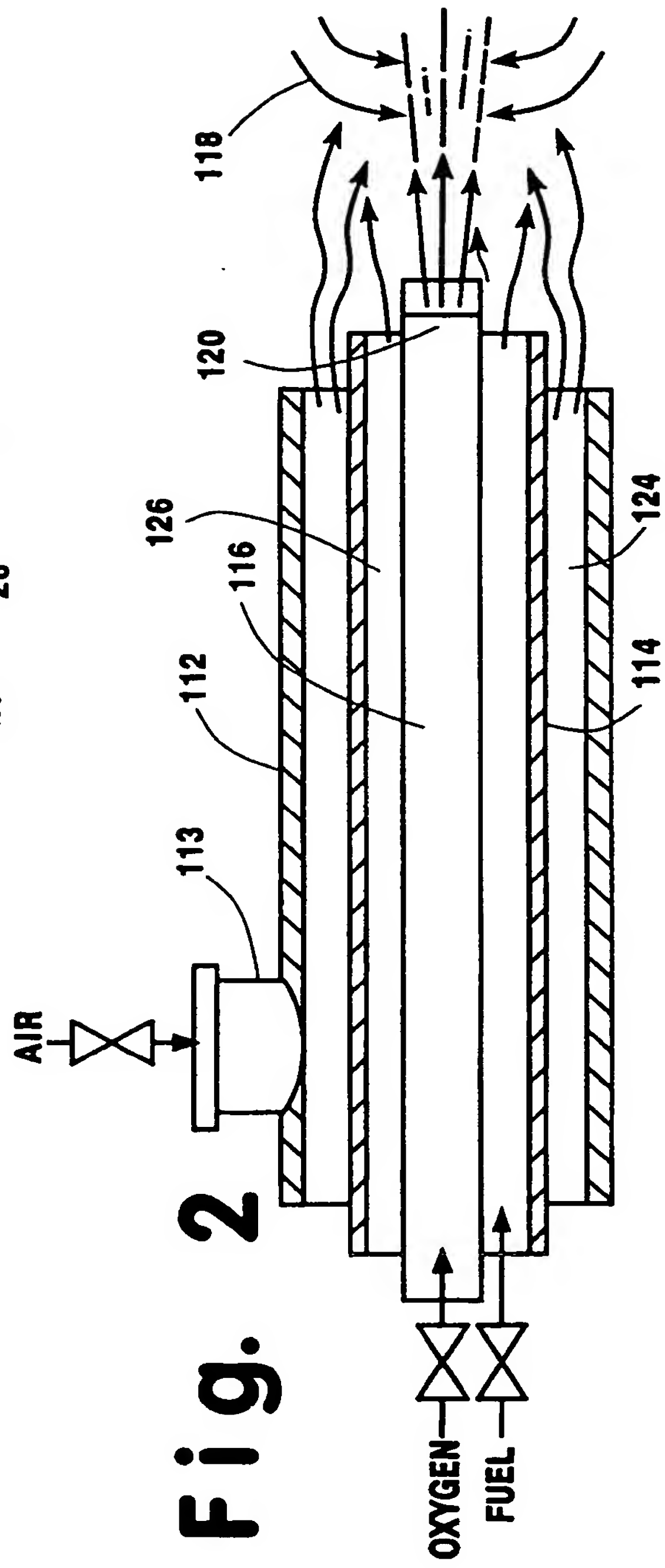
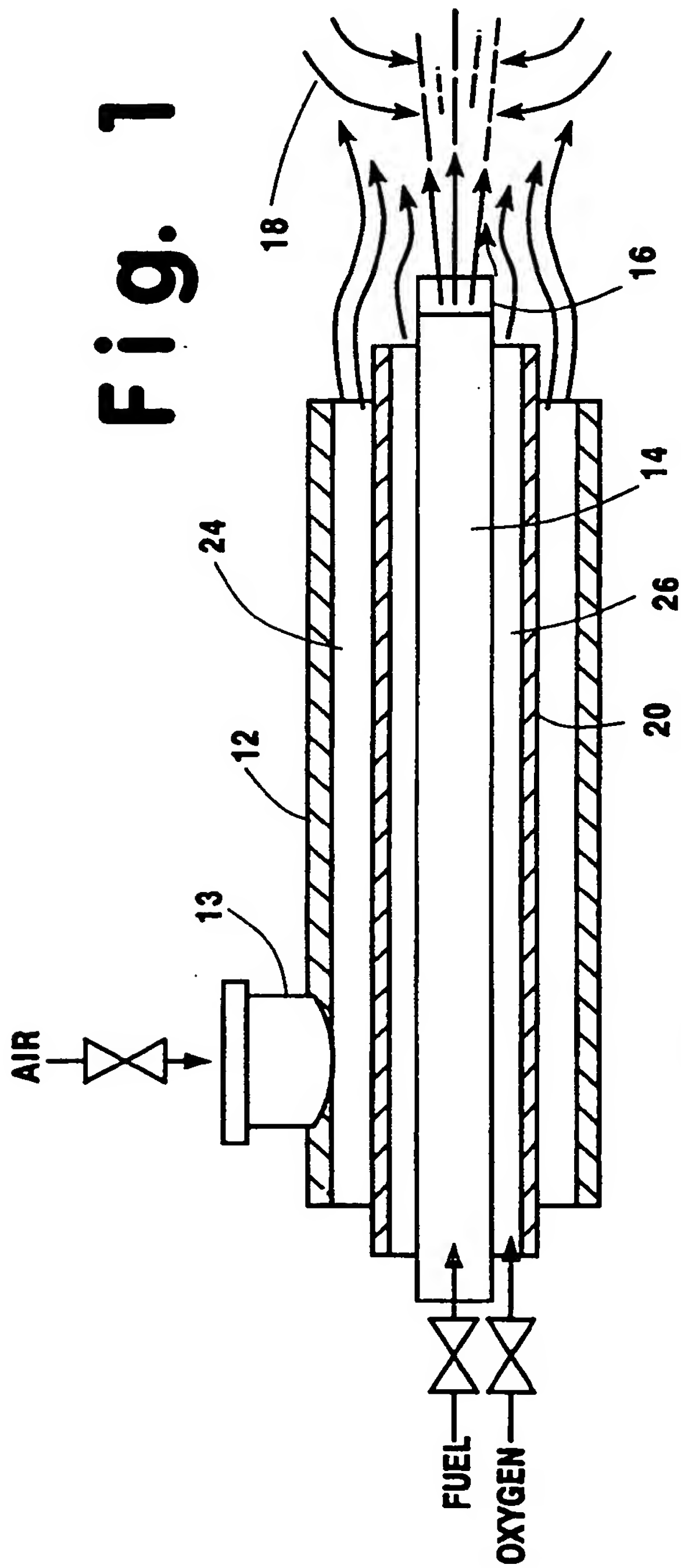
(C) passing air into the combustion zone in a stream annular to the fuel in an amount less than that required to completely combust the fuel and combusting the air with the fuel to form a mixture comprising combustion products and unburned fuel;

(D) mixing the mixture comprising combustion products and unburned fuel with the mixture of oxygen and furnace gases to form a combustible mixture; and

(E) combusting the combustible mixture within the combustion zone.

7. The method of claim 6 wherein the oxygen has a velocity equal to or greater than 400 feet per second when it is passed into the combustion zone.

8. The method of claim 6 wherein at least 80 percent of the oxygen molecules necessary to completely combust the fuel are provided by the oxygen passed into the combustion zone in step (A).





European Patent
Office

EUROPEAN SEARCH REPORT

Application Number

DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT			EP 98108258.9
Category	Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages	Relevant to claim	CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (Int. Cl. 6)
X	US 5411395 A (KOBAYASHI et al.) 02 May 1995 (02.05.95), the whole document. --	1-8	F 23 D 14/22
X	US 4541796 A (ANDERSON, J.E.) 17 September 1985 (17.09.85), the whole document. --	1, 3-8	
Y	EP 0643262 A1 (L'AIR LIQUIDE) 15 March 1995 (15.03.95), the whole document.	1	
X	--	3, 6	
Y	EP 0529667 A2 (PRAXAIR TECHNOLOGY, INC.) 03 March 1993 (03.03.93), the whole document.	1	
X	--	2-4, 6, 7	TECHNICAL FIELDS SEARCHED (Int. Cl. 6)
A	EP 0340424 A2 (UNION CARBIDE CORP.) 08 November 1989 (08.11.89), the whole document. ----	1, 3, 6	F 23 D 14/00
The present search report has been drawn up for all claims			
Place of search VIENNA		Date of completion of the search 17-07-1998	Examiner PFAHLER
<p>CATEGORY OF CITED DOCUMENTS</p> <p>X : particularly relevant if taken alone Y : particularly relevant if combined with another document of the same category A : technological background O : non-written disclosure P : intermediate document</p> <p>T : theory or principle underlying the invention E : earlier patent document, but published on, or after the filing date D : document cited in the application L : document cited for other reasons & : member of the same patent family, corresponding document</p>			

EPO FORM 1503 03.92 (1/9401)